



**Universidad
Zaragoza**

Trabajo Fin de Máster

“El modelo tecnológico de *Flipped Classroom*
para la enseñanza de Inmunología en 2º de
Bachillerato”

“Technological model of Flipped Classroom
for Immunology teaching in the 2nd year of
High School”

Autor/es

Mónica Paesa Morales

Director/es

Francisco Luis Alda

FACULTAD DE EDUCACIÓN
2020

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	2-4
	A. Presentación personal y del currículo	2
	B. Contexto del centro dónde se han realizado los <i>Practicum</i> I y II	2-3
	C. Presentación del trabajo	3-4
II.	ANÁLISIS DIDÁCTICO DE 2 ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER Y SU APLICACIÓN EN EL <i>PRACTICUM</i>	4-6
III.	PROPUESTA DIDÁCTICA	6-13
	A. Título y nivel educativo	6
	B. Evaluación inicial	6-9
	C. Objetivos	9
	E. Justificación (Marco teórico)	9-13
IV.	PROPUESTA DIDÁCTICA. ACTIVIDADES	
	a. Contexto y participantes	13
	b. Contenidos: conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes	13-14
	c. Criterios de evaluación, estándares de aprendizaje e indicadores de logro.	14-15
	d. Metodología utilizada	15-27
V.	EVALUACIÓN FINAL	27-29
VI.	EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA Y PROPUESTA DE MEJORA	28-31
VII.	CONCLUSIONES	31-32
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33-37
IX.	ANEXOS	37

I. INTRODUCCIÓN

A. Presentación personal y del currículo académico

Mi nombre es Mónica Paesa Morales, tengo 24 años y algo que me caracteriza desde pequeña es la curiosidad y motivación por aprender, especialmente todo aquello relacionado con la ciencia y la salud. También he tenido una gran capacidad para sociabilizarme, expresar mis ideas y conocimientos, y tratar así de ayudar a mis compañeros, haciendo que creciese de forma paralela mi interés por la enseñanza y por las ciencias. Todo ello, junto a unos buenos resultados académicos hicieron que me decantase por estudiar el Grado de Biotecnología en la Universidad de Zaragoza, una carrera enfocada a la investigación en la ciencia y en la medicina. En esta misma línea, decidí continuar mi carrera científica estudiando el Máster en Biotecnología Médica y Medicina Molecular en Bari (Italia) además de participar en diferentes grupos de investigación de Biotecnología aplicada a la Reproducción Animal. Actualmente estoy contratada en el Instituto de Investigación Sanitaria de Aragón (IIS) en un proyecto centrado en el empleo de nanosistemas para la liberación controlada de fármacos y moléculas de señalización en la inhibición de procesos patomoleculares en el tratamiento de la artrosis.

Además de ser la investigación una de mis vocaciones, siempre he tenido en mente la idea de ser docente y de transmitir mi interés y mi motivación por la ciencia a los alumnos de Secundaria y Bachillerato, estudiantes que se encuentran a las puertas de tomar una decisión acerca de su futuro académico. Desde que terminé Bachillerato he trabajado como profesora particular en diferentes academias dando clases de repaso fundamentalmente de química, matemáticas y biología. Me di cuenta de que mi trabajo se veía reflejado en el progreso de los estudiantes y de que disfrutaba interaccionando con ellos al mismo tiempo que aprendía más sobre el tema. Con el objetivo de ampliar mi formación académica y con la posibilidad de dedicarme en un futuro a la docencia, decidí cursar este máster en educación en la especialidad de Biología y Geología.

B. Contexto del centro dónde se han realizado los *Practicum I y II*.

Gracias a la realización del *Practicum I*, he percibido que el Colegio Salesianos es un centro muy completo, que contiene numerosas instalaciones y recursos y que constituye una comunidad educativa muy completa con una excelente organización en cuanto a los departamentos existentes y las funciones a realizar. Durante estas prácticas asistí como observadora a todas las clases que impartía mi tutor del centro en Secundaria y en Bachillerato, con lo cual tuve la oportunidad de conocer al profesor de nuestra especialidad y de familiarizarme con el alumnado al que me tendría que enfrentar durante el *Practicum II*. En general, las aulas en Secundaria estaban formadas por un alumnado más heterogéneo, menos centrados en su aprendizaje y más distraídos y con un mayor número de inmigrantes y repetidores respecto al Bachillerato y que por tanto requieren de necesidades de apoyo educativo especiales. Todo ello determina que las explicaciones durante las clases fuesen con mayor lentitud y que apreciase un menor rendimiento respecto a las aulas de Bachillerato. En estas últimas, el perfil del alumnado era distinto, con un grado de madurez mayor, con un interés y una motivación mayor en su aprendizaje, además de ser más participativos reflejándose en una buena interacción alumno-profesor y haciendo que me sintiese más cómoda e integrada en la docencia. La

mayoría de ellos, mostraron interés en interactuar y compartir información conmigo, preguntándome acerca de mi formación académica y profesional. Todo ello determina que en las aulas Bachillerato haya observado un mayor rendimiento de trabajo durante el prácticum I en comparación a la Secundaria. En cuanto el tipo de enseñanza, he visto como en las asignaturas que imparte el tutor y principalmente en la Secundaria hacen uso de metodologías más innovadoras como el *Flipped Classroom*, además de fomentar el trabajo cooperativo y el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) en el aula con el objetivo de facilitar el aprendizaje del alumno. Todas las clases que he presenciado funcionan prácticamente con Power Points, un recurso mucho más visual que los libros de texto y que complementa al contenido del libro.

Dada la situación por la que estamos atravesando, el *Practicum II* se han llevado a cabo de forma no presencial, en la que la enseñanza ha sido online y se ha conseguido principalmente gracias a la plataforma educativa del centro *Google Classroom*. A través de ella los alumnos cuentan con el material necesario además de servir como vía de comunicación docente-alumno y de nexo con las familias. El colegio Salesianos ha sido consciente de que algunas familias no disponían de los recursos necesarios para que los alumnos pudiesen trabajar y realizar las tareas, de forma que la DGA puso a disposición de estas familias ordenadores u otros dispositivos para que los alumnos pudiesen realizar trabajos, deberes o conectarse telemáticamente para recibir clases online.

Durante el segundo periodo de prácticas, la asignatura impartida ha sido Biología de 2º de Bachillerato, más en concreto, el BLOQUE 5 “La autodefensa de los organismos. La inmunología y sus aplicaciones”, dirigida a alumnos que, como he comentado previamente, presentan un buen rendimiento académico reflejado por un gran porcentaje de aprobados, sin problemas disruptivos aparentes, ni tampoco dificultades de aprendizaje que requieran de una adaptación especial. La mayoría de estos alumnos se van a presentar a la EVAU, lo que ha condicionado la preparación del material didáctico, las actividades planteadas y su evaluación, así como en el seguimiento con los alumnos, que, a diferencia de la Secundaria, se ha llevado a cabo a través de videoconferencias semanales destinadas a la resolución de aquellos aspectos más complejos. En ellas, se han apreciado diferencias en cuanto al nivel de interacción de los alumnos con el profesor: algunos mostraban más interés y eran más participativos mientras que otros no encendían la cámara e incluso ni se conectaban.

C. Presentación del trabajo

El documento que se presenta a continuación es un Trabajo de Fin de Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas de la especialidad de Biología y Geología en el curso 2019/2020. En el presente trabajo se expone la propuesta didáctica implementada durante el *Practicum II* denominada “El modelo tecnológico de Flipped Classroom para la enseñanza de Inmunología en 2º de Bachillerato”.

En primer lugar, se analizan dos actividades llevadas a cabo en el máster que han sido de utilidad en el diseño de la propuesta didáctica. A continuación, se analiza dicha propuesta en detalle, consultando bibliografía que fundamente el diseño de la propuesta y de la metodología empleada. Posteriormente se exponen de forma secuencial las actividades que se han implementado justificando el diseño de las mismas, los objetivos que persiguen y la forma de evaluación llevada a cabo.

Por último se recoge una evaluación tanto de la propuesta didáctica como de la docencia, analizando las limitaciones y dificultades encontradas con las consiguientes propuestas de mejora. Finalmente, se exponen unas conclusiones finales acerca del trabajo realizado.

II. ANÁLISIS DIDÁCTICO DE 2 ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER Y SU APLICACIÓN EN EL PRACTICUM

En este segundo apartado se presentan dos actividades que se utilizaron para el desarrollo de la propuesta impartida en el *Practicum* II con la consiguiente justificación didáctica.

A. Realización de una programación didáctica

Esta actividad se realizó en la asignatura de Diseño curricular e instruccional de ciencias experimentales del primer cuatrimestre. Tuvo como objetivo comprender la importancia de llevar a cabo una programación didáctica antes del inicio del curso, para planificar de forma adecuada el transcurso del curso académico con sus correspondientes propuestas de mejora para el próximo año al finalizarlo, una tarea imprescindible en la labor del docente. Se partió de los contenidos que se recogen en el currículo según la orden ECD/494/2016, del 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. A partir de ahí se redactaron de manera ordenada los contenidos, objetivos, metodología, criterios de evaluación y posibles adaptaciones curriculares de un bloque de la asignatura de Biología que eligiéramos. En mi caso, para esta actividad escogí el bloque 5 de “La autodefensa de los organismos. La inmunología y sus aplicaciones” de la asignatura de Biología de 2º Bachillerato.

Con esta actividad valoré lo importante que es concretar unos objetivos claros al principio de curso y que sirven de guía durante el transcurso del mismo. Aprendí además que no sólo hay que conocer los contenidos a impartir sino que hay que tener en cuenta otros aspectos de especial importancia como por ejemplo el hecho de definir las actividades que se van a llevar a cabo, las competencias clave con las que se relaciona o los elementos transversales que se van a trabajar a lo largo de cada unidad didáctica, así como la existencia de diversos instrumentos de evaluación que se ajusten a cada una de las actividades propuestas y la evaluación inicial como diagnóstico. Otro aspecto muy importante fue la necesidad de adaptar el currículo a los alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo. En este último aspecto no he tenido que llevarlo a cabo, ya que el curso con el que trabajé durante el *Practicum* (2º de Bachillerato) no presentaba alumnos con necesidades específicas, pero el resto de aspectos comentados previamente sí que los he aplicado.

Lo primero que hice en el *Practicum* fue acudir al marco curricular para ver los contenidos que se trabajaban en el Bloque 5 de Inmunología. A continuación, seleccioné los criterios de evaluación, estándares de aprendizaje evaluables y los mínimos correspondientes a la matriz de especificaciones del 2019-2020 necesarios para llevar a cabo la propuesta didáctica. Las actividades planteadas, la metodología empleada, los recursos necesarios y los instrumentos de evaluación más adecuados para cada una de las actividades planteadas se adaptaron a la situación de enseñanza online, así como la

forma de tratar los elementos transversales. Lo que en su momento planteé como aprendizaje semipresencial para atender a aquellos alumnos con necesidades específicas fue generalizado a un aprendizaje online con el objetivo de garantizar la educación integral de todos los alumnos durante la cuarentena. La educación para la salud como elemento transversal lo planteé inicialmente como un debate para realizarlo de forma conjunta en clase, que sin embargo, se adaptó en una sesión de videoconferencia con los alumnos. La evaluación inicial que en su momento planteé a través de una prueba objetiva de preguntas tipo test fue tomado como referencia para realizar una prueba de autoevaluación del aprendizaje de los alumnos durante la cuarentena. De la misma forma, la actividad que inicialmente se organizó como un examen de la unidad de Inmunología con preguntas de Selectividad fue remodelada y planteada en la propuesta didáctica como una tarea para los alumnos durante la cuarentena.

Otro aspecto muy importante fue la programación del aula, y con ello, el hecho de conocer las características del grupo y de organizar la propuesta didáctica temporalmente durante el período de prácticas, aspectos que también aprendí con dicha actividad. De hecho, antes de comenzar con este bloque, se realizó una videoconferencia con los alumnos con el objetivo de indicarles el número de sesiones que le íbamos a dedicar a este bloque de contenidos, la forma de trabajo, así como las tareas que debían de realizar, las fechas aproximadas de entrega y los días que se habían reservado con videoconferencias, para que ellos tuvieran toda la información y pudieran organizarse en base a ello.

B. Preparación, desarrollo y análisis de una clase impartida.

Esta actividad se realizó durante el segundo cuatrimestre del máster, en la asignatura optativa Habilidades Comunicativas. El objetivo de la misma fue grabarnos mientras explicábamos la unidad didáctica correspondiente durante el *Practicum* II. En este caso, mi unidad didáctica fue el Bloque 5 de Inmunología y dicha actividad fue adaptada a las circunstancias, de tal forma que, desde casa debía simular que estaba explicando los contenidos a los alumnos como si de una clase magistral se tratase.

La realización de esta actividad es de especial importancia ya que tiene como objetivo poner a prueba, trabajar y mejorar nuestras capacidades comunicativas como docentes, siendo éstas de gran importancia durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que ayudan a que la comunicación del contenido de la enseñanza sea mejor comprendido y asimilado por los alumnos, tratando de transmitir un aprendizaje significativo. En especial, durante este periodo y dada la imposibilidad de realizar clases presenciales, un recurso de gran utilidad es la realización de videos explicativos de la unidad en los que tanto la comunicación verbal (exposición, diálogo y debate) como la no verbal (expresión corporal, facial y comunicación icónica) juegan un papel fundamental durante el proceso de enseñanza.

En cuanto a la preparación de la clase impartida, lo primero que realicé fue la contextualización del aula, plantear como objetivo principal que los alumnos aprendan el funcionamiento del Sistema Inmunitario y seleccionar el Power Point como herramienta clave de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para proyectar los contenidos más importantes, captar la atención del alumnado y motivar su proceso de aprendizaje. A continuación, me grabé mientras explicaba el funcionamiento del S.I, ejemplificando y relacionándolo con el COVID-19. Por último, realicé una

autoevaluación de dicha grabación, analizando tanto el contenido como mis habilidades comunicativas como docente, con el objetivo de remarcar aquellos aspectos que son susceptibles de mejora.

Esta actividad se aplicó a la propuesta didáctica implantada de la siguiente manera. En primer lugar, la presentación Power Point fue la base para la explicación de la unidad didáctica durante una sesión de videoconferencia con los alumnos. En ella, se realizaron una serie de modificaciones y se añadieron diapositivas que relacionan el COVID-19 con el S.I y se plantearon una serie de preguntas abiertas para resolverlas en conjunto con los alumnos. En base al análisis y la autoevaluación de la grabación y a la importancia de los videos explicativos como recursos TIC durante este periodo de enseñanza online, me volví a grabar, tratando de cohesionar en todo momento los contenidos, utilizando un lenguaje más cotidiano y adaptado al nivel de los alumnos, evitando que la grabación fuese monótona y haciendo un mayor uso del lenguaje no verbal. Dicha grabación fue añadida al Power Point y todo ello fue colgado en la plataforma Classroom a disposición de los alumnos.

III. PROPUESTA DIDÁCTICA

A. Título y nivel educativo

La propuesta didáctica se titula: **“El modelo tecnológico de *Flipped Classroom* para la enseñanza de Inmunología en 2º de Bachillerato”**

Se enmarca en la asignatura de Biología de 2º de Bachillerato dentro del Bloque 5: La “La autodefensa de los organismos. La inmunología y sus aplicaciones”.

La principal razón del título de esta propuesta es el contenido a tratar en la misma (la Inmunología), el curso donde se va a implementar (2º de Bachillerato) y la metodología elegida para su desarrollo (aula invertida y aprendizaje online o *e-learning*).

B. Evaluación inicial

Las concepciones o ideas alternativas que los alumnos tienen acerca de un contenido científico pueden suponer un obstáculo para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias ya que estas son ideas firmemente arraigadas y opuestas al conocimiento científico establecido. Dichas concepciones surgen de la desconexión entre el conocimiento que generan los propios alumnos para dar sentido al mundo que les rodea y el conocimiento científico (Carrascosa Alís, 2005; Pozo, 1996). Algunas de las principales fuentes de concepciones alternativas y de dificultades del aprendizaje son: el uso de la terminología, las relaciones entre los conceptos, la resolución de problemas y el trabajo práctico (Bugallo, 1995).

En este sentido, y tal y como afirma Pozo en 2010 (citado en Azeglio y Mayoral, 2015), cuando los estudiantes afrontan el aprendizaje de nuevos contenidos, en este caso relacionados con la Inmunología como disciplina científica, no tienen un total desconocimiento de los mismos. Dicho autor reafirma esto diciendo que el significado de los conceptos científicos necesita el referente de los conceptos cotidianos, ya que los verdaderos conceptos solo pueden adquirirse por reestructuración, y la misma solo es

posible si se apoya en asociaciones previas. Diversas fuentes tales como medios de comunicación, el ambiente escolar, y el ambiente familiar influyen sobre los estudiantes, haciendo que construyan sus propias concepciones sobre la biología más o menos acertadas y que pocas veces suelen coincidir con las que se consideran correctas.

De este modo, conocer, comprender y utilizar las concepciones alternativas de los alumnos sobre los temas que se van a trabajar en el aula, constituye el punto de partida que permite al profesor ayudar al alumno a promover cambios en su estructura conceptual para asegurar un aprendizaje significativo del conocimiento, lo que puede ser a su vez decisivo en el diseño de materiales curriculares que pretendan una evolución de los esquemas de pensamiento de los estudiantes (Furió, 1996; Caballero, 2008).

El estudio del sistema inmunitario tiene un gran interés por sus implicaciones, y su conocimiento está en auge en las aulas, sin embargo, es un contenido complejo que requiere de una formación específica (Bishop et al., 2015; Spreafico et al., 2017). El gran número de poblaciones celulares, vías de señalización, así como el alto grado de interrelación entre estos procesos, suponen un obstáculo para su aprendizaje, y, en consecuencia, los alumnos presentan dificultades para retener los conceptos clave, traduciéndose en una mayor dificultad a la hora de entender procesos y a relacionarlos correctamente, una habilidad clave en el estudio de la biología del sistema inmune (Torres-Gómez, Reche y Lafuente, 2018).

Los estudiantes incluso antes comenzar 3º de Educación Secundaria, momento en el cual entran en contacto académicamente con los conceptos de la Inmunología, presentan concepciones erróneas elementales acerca del S.I y que han incorporado de su cultura general. Una de las más alarmantes es la creencia de que hay relaciones recíprocas (biunívocas) entre "antígenos" y "anticuerpos", como si el dogma de "una célula / un anticuerpo" implicara un "un anticuerpo/ un antígeno ", por tanto, estos términos de "antígeno" y "anticuerpo" no son adecuados para describir las interacciones que tienen lugar entre las inmunoglobulinas (Ig) y sus receptores. En realidad, las Ig no reaccionan en su totalidad con los antígenos, sino con pequeñas configuraciones moleculares (determinantes de antígeno) que se muestran en la superficie de estas moléculas, más tarde descritas por Jerne (1960) como "epítomos" (Vaz, 2004).

Otras de las concepciones erróneas en los estudiantes es pensar que hay interacciones instructivas en el S.I y que los antígenos son los responsables de la producción de anticuerpos específicos tal y como lo proponen las primeras teorías "instructivas" de formación de anticuerpos (Mazumdar, 2002). Lo que se dice es que los antígenos son los que "seleccionan" qué Ig, qué linfocitos sirven, como si estuvieran hechas para corresponderles (Vaz, 2004).

Los estudiantes también tienen concepciones erróneas en cuanto a la idea de que las respuestas inmunitarias solo se activan en presencia de macromoléculas extrañas: antígenos. Sin embargo, la evidencia más directa es producción normal de IgM en ratones como una actividad interna del organismo independiente del contacto con antígenos externos. Otra de las evidencias es la reacción a los componentes autólogos de nuestro organismo, es decir, las Ig formadas por organismos sanos (Coutinho, Kazatchkine y Avrameas, 1995). En relación a esto, el rechazo de un injerto es concebido como una respuesta inmune específica por parte del organismo huésped a los antígenos de tejido del

donante (antígenos de histocompatibilidad). Sin embargo, lo que sucede al entrar en contacto con células o tejidos alogénicos no es exactamente una "respuesta inmune específica" sino más bien una desorganización profunda de las actividades inmunológicas que estaban actuando, ya que los tejidos alogénicos son mucho más efectivos para activar las células T, que un virus germinal o cualquier otro tipo de antígeno (Vaz, 2004).

Para analizar los conocimientos previos que se espera que tengan los alumnos una vez alcanzan 2º de Bachillerato, hay que consultar el marco curricular de los cursos anteriores, siendo la Educación Secundaria el momento en el cual los estudiantes entrar en contacto académicamente con los conceptos relacionados con la Inmunología, de forma que, los alumnos ya deberían de tener una base, a partir de la cual se añadirán nuevos conocimientos, construyéndose así su conocimiento científico sobre la Inmunología. Entre los contenidos curriculares de los cursos anteriores podemos encontrar los impartidos en:

- Biología y Geología 3ºESO (asignatura obligatoria): Dentro del Bloque 4, denominado “Las personas y la salud. Promoción de la salud”, se estudia entre otras cosas el aparato circulatorio (criterio de evaluación BG 4.16), donde ya se introduce su importancia para la autodefensa del organismo, estudiando sus componentes y funciones. Además, para ser aún más específicos, el criterio de evaluación BG 4.7 específica “Determinar el funcionamiento básico del sistema inmune” y el BG 4.8 “Reconocer y transmitir la prevención como práctica habitual e integrada en sus vidas y las consecuencias positivas de la donación de células, sangre y órganos”. Por otro lado, también se estudian diferentes enfermedades, tanto infecciosas como no infecciosas, así como sus causas y los métodos de prevención de las mismas (criterios de evaluación BG 4.5 y BG 4.6).
- Cultura científica de 4ºESO: En el Bloque 4, dedicado a la Calidad de vida, se estudian entre otros temas las enfermedades infecciosas, los patógenos que las causan y los mecanismos de defensa, como queda de manifiesto el estándar de aprendizaje 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3., e incluso se hace mención expresa a la inmunidad innata y adquirida (Est. CCI. 4.2.4) y a la inmunización masiva mediante el uso de vacunas (Est. CCI. 4.3.3.), todos ellos contenidos importantes que se reforzarán en la asignatura a impartir. Sin embargo, se trata de una asignatura optativa, con lo cual no podemos generalizar la adquisición de dichos conocimientos a todos los alumnos que estén cursando 2º de Bachillerato.
- En Biología y Geología de 1º Bachillerato: En el bloque 1: Los seres vivos: composición y función, se estudian las biomoléculas y hacen mención expresa a los monómeros y polímeros.
- En Cultura Científica de 1º Bachillerato: Aunque en el currículo no se menciona de forma expresa la inmunología, sí se tratan temas que guardan una estrecha relación, como el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, así como valorar la importancia de los trasplantes para el tratamiento de ciertas enfermedades (Est.CCI.3.3.1).

Son numerosos los estudios que han investigado tanto los conocimientos previos como las concepciones alternativas de Inmunología en diferentes niveles educativos realizando una evaluación inicial a los estudiantes (Culmán et al., 2015; Gómez y Monzón, 2012; Orrego y López, 2013). Es por ello que la evaluación inicial serviría

mediante la recogida y el análisis de la información sobre los conocimientos previos, concepciones erróneas, dificultades del alumnado, competencias y necesidades, poder tomar decisiones que permitan adecuar la propuesta, sus contenidos y metodología a la realidad del grupo y del aula. Dicho proceso de evaluación debe ser útil, eficaz y sencillo (Arrien, Ubieta y Ugarriza, 1996). Sin embargo, dada las circunstancias que han caracterizado el periodo de prácticas, el tipo de alumnado al que me enfrentaba centrado en la EVAU, la organización de las sesiones virtuales preestablecidas por parte de mi tutor, así como la su temporalidad ajustada de la enseñanza, no he tenido la oportunidad de evaluar inicialmente a mis alumnos de 2º de Bachillerato. Sin embargo, dicha evaluación la incluyo como propuesta de mejora para cursos posteriores.

C. OBJETIVOS

Los objetivos de la presente propuesta didáctica se recogen en el Currículo de Bachillerato, aprobado según la Orden ECD/494/2016, del 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. Dichos objetivos didácticos se corresponden con los criterios de evaluación del Bloque 5: “La autodefensa de los organismos: La inmunología y sus aplicaciones”, de la asignatura de Biología del segundo curso de Bachillerato y que se consideran referentes para orientar los procesos de aprendizaje del alumno:

- Desarrollar el concepto actual de inmunidad.
- Distinguir entre inmunidad inespecífica y específica diferenciando sus células respectivas.
- Discriminar entre respuesta inmune primaria y secundaria.
- Identificar la estructura de los anticuerpos.
- Diferenciar los tipos de reacción antígeno-anticuerpo.
- Describir los principales métodos para conseguir o potenciar la inmunidad.
- Investigar la relación existente entre las disfunciones del sistema inmune y algunas patologías frecuentes.
- Argumentar y valorar los avances de la inmunología en la mejora de la salud de las personas.

D. JUSTIFICACIÓN (MARCO TEÓRICO)

La enseñanza de las ciencias en los distintos niveles educativos se ha realizado convencionalmente mediante el modelo tradicional o también llamado de transmisión-recepción, según el cual, el docente transmite conocimientos ya elaborados al alumno, mediante ponencias orales o con descripciones escritas. El concepto de enseñanza se entiende como una exposición ordenada y clara de conceptos por parte del profesor para que el alumno memorice, repita y aprenda. Concretamente, en el ámbito de las ciencias, su comprensión se entiende como la acumulación de hechos, observaciones y teorías. En conclusión, el modelo tradicional ve al alumno como páginas en blanco donde escribir los conocimientos tal y como el docente los ve y comprende (Sánchez, 2008).

De forma opuesta al modelo tradicional, el constructivismo entiende que limitarse a exponer los conocimientos independientemente del contexto y reflexión del alumno no asegura su comprensión y asimilación (Encabo de Lucas, 2010). Su visión en la ciencia

es más bien de ensayo-error, modificación, reflexión y conclusión, asegurando un aprendizaje significativo de los nuevos conocimientos.

El modelo constructivista aplicado a la enseñanza en el aula está centrado en el alumnado, en sus experiencias y conocimientos previos, los cuales reconstruye cuando interactúa con los nuevos conocimientos (Piaget), con otras personas (Vygotsky) y cuando es realmente significativo para él (Ausubel) (Ñeco, 2005). En consecuencia, el alumno asume un papel protagonista, activo y consciente del propio aprendizaje basado en la construcción de su conocimiento. Su participación es esencial y debe de ser de forma contextualizada, modificando, ampliando o profundizando en el conocimiento que ya posee el alumno (Campanario y Otero, 2000). Para ello, se debe de despertar el interés del alumnado, fomentar su motivación y el esfuerzo constante, objetivo fundamental a tener en cuenta al planificar la propuesta didáctica con sus actividades correspondientes.

En cuanto al rol del profesor en el paradigma constructivista, no es transmitir el conocimiento absoluto sino actuar como mediador entre el alumno y los nuevos conocimientos. El docente debe por tanto procurar que el alumno ejerza el papel activo comentado previamente y que relacione sus conocimientos previos con los nuevos contextos y conceptos a comprender. La perspectiva constructivista no sólo trata los conocimientos, sino que también incluye destrezas, actitudes y valores, apostando por el *saber*, el *saber hacer* y el *saber ser* (Díaz y Hernández, 2002).

Tanto las características como los fundamentos descritos en relación al constructivismo se tienen que tener en cuenta a la hora de planificar una propuesta didáctica e implementar una serie de actividades que forman parte de la práctica docente en el aula. En base a ello, la motivación y el interés son críticos en el aprendizaje y el rendimiento académico. Los alumnos prestan más atención en una asignatura en particular cuando se promueve la investigación surgida del propio interés y se muestran contenidos relevantes desarrollando sus dotes de observación, codificación de la información, comprensión y pensamiento crítico (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983), todos ellos herramientas imprescindibles en la investigación científica.

Estos aspectos claves son los que sustentan el modelo pedagógico *Flipped classroom* (FC) (Bergmann y Sams, 2012; Bishop y Verleger, 2013; McDonald y Smith, 2013; Tourón y Santiago, 2015; Tucker, 2012), en el cual el aprendizaje es el centro del proceso educativo, con estudiantes con un rol protagónico y docentes como guías cuya función es facilitar el proceso formativo. Para Bergmann y Sams (2012), el FC tiene un enfoque integral que conecta la instrucción directa con métodos constructivistas, permitiendo que el estudiantado comprenda la información, la analice y aplique, por lo tanto, propicia el desarrollo y manejo de sus habilidades cognitivas. Este último aspecto resalta la importancia que tiene el diseño de actividades que fomenten el autoaprendizaje o enfocadas en el trabajo autónomo del estudiantado, ya que promueven competencias de naturaleza metacognitiva (Fernández et al., 2013; López, 2013).

En esta línea, las TICs juegan un rol importante en una educación que cada vez más, se virtualiza y donde las nuevas tecnologías convergen en plantear nuevos paradigmas educativos y pedagógicos (Hernández, 2017). Así, la tecnología convenientemente utilizada produce nuevos contextos de aprendizaje, construcción y comunicación del conocimiento (Lozano, 2011).

El empleo de las TIC para el proceso educativo en las aulas de clase y fuera de ellas permite que estudiantes y docentes compartan un lenguaje, que el estudiantado se interese más en aprender, y que cada docente adapte, a sus necesidades y características específicas, los recursos digitales para el aprendizaje (Palomino y Rangel, 2015). Además de esto, las TIC facilitan la comunicación no presencial a través de redes sociales, correos electrónicos, blogs, páginas web, audioconferencias, videoconferencias, entre otros; lo que representa una ventaja en cuanto al aprovechamiento del tiempo. Mediante programas para construcción de presentaciones con diapositivas, como Power Point, se consigue un mejor resultado en el acabado de los recursos y además de incorporar texto, mapas conceptuales e imágenes relativas, es posible incorporar otros recursos didácticos para la estimulación visual del alumnado: proyección de películas o videos (medios audiovisuales). Estos pueden ser bastantes eficaces al combinar el aprendizaje visual con el auditivo lo que aumenta las posibilidades de que el aprendizaje sea significativo (Suárez-Ramos, 2017). Dado que la Inmunología todavía permanece como un área con cierta complejidad, una propuesta didáctica para su enseñanza se basa en el empleo del anime “¡Cells at Work!”, un recurso audiovisual de apoyo en el estudio de asignaturas de Inmunología básica, aprovechando los elementos visuales del mismo para reforzar y fijar conceptos previamente impartidos, además de favorecer las dotes de observación del alumno. La clase consiste en explicaciones teóricas intercaladas con proyecciones de los distintos episodios del anime. Después de dicha explicación, se plantea un cuestionario de autoevaluación con el objetivo de fijar los conceptos que se han trabajado previamente (Torres-Gómez, Reche y Lafuente, 2018).

En cuanto a los diferentes recursos tecnológicos usados para implementar FC, Zainuddin y Halili (2016), a través de una revisión bibliográfica, destacan el uso de videos de YouTube y de Khan Academy, WebQuest, Dropbox y herramientas de Google, las que propician más oportunidades de interacción entre estudiantes tanto fuera como dentro del aula. Estos autores destacan la importancia de la capacitación de docentes en esta metodología y sugieren la creación de videos que incorporen elementos como animación, caricatura y música para lograr captar la atención del estudiantado.

Una de las posibilidades que ofrecen las herramientas de Google el ámbito de la evaluación autónoma del aprendizaje, es la realización de pruebas de autoevaluación. El docente tiene la posibilidad de elaborar sus propios cuestionarios con la intención de que el propio alumno reflexione sobre el conocimiento adquirido además de que permite al docente recopilar información acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje (Hernández y Salinas, 2008). Tal y como define Calatayud (1999) “la autoevaluación es la estrategia por excelencia para educar en la responsabilidad y para aprender a valorar, criticar y a reflexionar sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje individual realizado por el alumno (citado en Calatayud, 2008, p.1). Con la autoevaluación lo que se promueve es la retroalimentación o *feedback*, pues permite informar a ambos sobre el nivel de logro que se ha alcanzado hasta ese momento siendo éste necesario para el aprendizaje; pues cuanto más preciso sea, mayor será la rapidez del aprendizaje. (Siedentop, 1998, p. 27). Para que este *feedback* sea más efectivo, el aspecto más importante es que se dé inmediatamente después de la tarea realizada. El *feedback* inmediato hace que el aprendizaje sea más significativo. De esta forma, los resultados son más eficientes, ya que los errores y las falsas creencias de los alumnos pueden ser corregidos de forma más rápida, justo en el momento en que se produce la duda o el reto al que tiene que hacer frente. Además, esta retroalimentación favorece la autonomía y el autoaprendizaje, siendo el propio alumno el que gestiona y corrige sus propios errores y aprende de ellos, haciendo más adaptable el

ritmo de aprendizaje a cada individuo. Puede ser un motivador muy potente y provocar retos personales para superarse en las distintas tareas que se manden (Canabal y Margalef, 2017).

Dada la importancia de la autoevaluación, docentes de la Universidad Complutense de Madrid una diseñado el material educativo *Inmunotrivial*, que consiste en una aplicación informática con formato de juego en el que el estudiante pone a prueba sus conocimientos en Inmunología a través de la realización de pruebas objetivas de autoevaluación. En el juego los alumnos disponen de diversas pruebas con distintas categorías conceptuales (preguntas de respuesta corta, de V/F, de relacionar conceptos, respuesta múltiple...) y presenta dos modalidades: individual y por competición. El producto final es una herramienta útil tanto para el alumno como para el profesor de Inmunología, en la que el alumno dirige su aprendizaje, tiene un *feed-back* inmediato y abarca todos los aspectos de la materia integrada (Blanco et al., 2011).

En base a la justificación precedente, podemos concluir que la enseñanza en Inmunología es un proceso complejo que requiere de metodologías innovadoras, que, por un lado, hagan que los alumnos sean los protagonistas de su aprendizaje, reflexionen sobre ello y construyan su propio conocimiento y que, por otro lado, integren los recursos TICs necesarios para conseguir que el aprendizaje de los alumnos sea significativo.

Dada la situación actual de no presencialidad, este Trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo el diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de Inmunología en 2º de Bachillerato basada en el modelo tecnológico para Flipped Classroom (T-FliC) cuyo objetivo es dar un soporte mediado por las TICs al modelo pedagógico de *Flipped Classroom*. Dada la versatilidad de FC, entre los modelos propuestos por Santiago (2017) para diseñar el procedimiento y las actividades que van a realizar los alumnos, el modelo que mejor se ajusta a la situación actual de no presencialidad es el modelo virtual de FC, basado en una reorganización de la enseñanza en un entorno espacial y temporal que sustituye al concepto de aula convencional. Además, la metodología de FC está mostrando su eficacia en la enseñanza de Inmunología y en otras materias de carácter científico, especialmente en el ámbito universitario en el que las TICs posibilitan la enseñanza a distancia (Basso-Aránguiz et al., 2018; Garzón y Quiroga, 2018; Merla y Yáñez., 2020; Prieto et al., 2017; Samper et al., 2017). Así, teniendo en cuenta el perfil del alumnado, siendo preuniversitarios, esta metodología FC en un entorno virtual podría mejorar su rendimiento y comprensión de la temática estudiada respecto a las metodologías tradicionales.

En cuanto a la adecuación de la propuesta al centro educativo y con ello, a las condiciones de trabajo, la forma de comunicación entre los docentes del centro de Salesianos y los alumnos se lleva a cabo a través de la plataforma educativa de *Google Classroom*, de la que todos los alumnos disponen de una cuenta de correo asociada. Dicha plataforma virtual va a ser usada como recurso tecnológico para el modelo de aula invertida y en ella, los alumnos van a disponer de todo el material necesario, incluyendo resúmenes de Inmunología, documentos con tareas, así como enlaces a web interactivas, videos y simulaciones que pueden resultar útiles para mejorar la explicación y comprensión de algunos conceptos complejos. Además, el aprendizaje de los alumnos va a ser evaluado a través de cuestionarios de autoevaluación *Google Docs*, de las videoconferencias establecidas a través de la plataforma educativa *Classroom* y del

análisis de sus producciones, con el objetivo de proporcionar un *feedback* de su aprendizaje a los alumnos.

IV. PROPUESTA DIDÁCTICA. ACTIVIDADES

a. Contexto y participantes:

La propuesta está dirigida a los alumnos del segundo curso de Bachillerato de la especialidad de “Biología” del Colegio Salesianos y se contextualiza en una situación de enseñanza no presencial. La clase está formada por 31 alumnos, la gran mayoría con acceso a internet y ordenador personal. Sin embargo, unos pocos alumnos ya sea por su situación familiar y/o económica no disponían de los recursos necesarios para ello o por falta de motivación de la asignatura, no han estado presentes en todo el periodo de enseñanza no presencial.

b. Contenidos

La propuesta didáctica “El modelo tecnológico de *Flipped Classroom* para la enseñanza de la Inmunología en 2º de Bachillerato” desarrolla los contenidos relativos a la inmunología, descritos en el Bloque 5 de la asignatura de Biología de segundo curso de Bachillerato, de la Orden ECD/494/2016 y que se muestran a continuación:

- Concepto actual de inmunidad. El sistema inmunitario. Las defensas internas inespecíficas. La inmunidad específica. Características. Tipos: celular y humoral. Células responsables. Mecanismo de acción de la respuesta inmunitaria. La memoria inmunológica. Antígenos y anticuerpos. Estructura de los anticuerpos. Formas de acción. Su función en la respuesta inmune. Inmunidad natural y artificial o adquirida. Sueros y vacunas. Su importancia en la lucha contra las enfermedades infecciosas.
- Disfunciones y deficiencias del sistema inmunitario. Alergias e inmunodeficiencias. El trasplante de órganos y los problemas de rechazo.

Mediante el desarrollo de los contenidos a través de la propuesta didáctica también se pretende promover las siguientes competencias clave definidas para el Bachillerato (Orden/ECD/494/2016):

- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, mediante el trabajo del contenido de la propuesta de intervención.
- Competencias sociales y cívicas mediante el desarrollo de actitud crítica, analítica y reflexiva del tema ante la información y ante las actitudes sociales de su entorno, además de, respetar la labor científica y valorar las aplicaciones que la Inmunología tiene en los avances biomédicos y en la mejora de la calidad de vida de las personas.
- Aprender a aprender, mediante la autoreflexión y autoregulación del proceso de aprendizaje, la autonomía de trabajo a lo largo de la unidad didáctica y con la proyección final de los resultados de la autoevaluación y de las videoconferencias.
- Competencia digital, desarrollada a través del trabajo con herramientas TICs.

- Comunicación lingüística, oral (debate, expresión de argumentos y dudas, comunicación de resultados, ect.) y escrita (redacción de tareas a entregar).

c. Criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, indicadores de logro.

En la Tabla I se muestran los criterios de evaluación recogidos en el currículo de Bachillerato (Orden/ECD/494/2016), los estándares de aprendizaje evaluables recogidos en la matriz de especificaciones de la EVAU 2019-2020, así como los indicadores de logro que he considerado necesarios para el aprendizaje de inmunología:

Criterios de evaluación	Estándar de aprendizaje evaluable	Indicadores de logro mínimos
Crit.BI.5.1. Desarrollar el concepto actual de inmunidad	Est.BI.5.1.1. Analiza los mecanismos de autodefensa de los seres vivos identificando los tipos de respuesta inmunitaria.	El alumno sabe identificar correctamente las barreras primarias y las barreras secundarias, los componentes del S.I y si la respuesta que generan es específica o inespecífica.
Crit.BI.5.2. Distinguir entre inmunidad inespecífica y específica diferenciando sus células respectivas	Est.BI.5.2.1. Describe las características y los métodos de acción de las distintas células implicadas en la respuesta inmune	El alumno conoce los linfocitos B, T, macrófagos y complemento, la función que realizan y a la inmunidad a la que pertenecen.
Crit.BI.5.3. Discriminar entre respuesta inmune primaria y secundaria	Est.BI.5.3.1. Compara las diferentes características de la respuesta inmune primaria y secundaria.	Es capaz de reconocer gráficamente que la respuesta secundaria es mucho más rápida en el tiempo, de mayor intensidad y de mayor duración que la respuesta primaria debido a la presencia de células de memoria.
Crit.BI.5.4. Identificar la estructura de los anticuerpos	Est.BI.5.4.1. Define los conceptos de antígeno y de anticuerpo, y reconoce la estructura y composición química de los anticuerpos.	El alumno sabe que los antígenos son macromoléculas que desencadenan la respuesta inmunitaria y que los anticuerpos son glucoproteínas sintetizadas por los linfocitos B y que están formados por dos cadenas pesadas idénticas y dos cadenas ligeras idénticas que se unen entre sí por puentes disulfuro encargados de neutralizar a los antígenos.
Crit.BI.5.6. Describir los principales métodos para conseguir o potenciar la inmunidad.	Est.BI.5.6.1. Destaca la importancia de la memoria inmunológica en el mecanismo de acción de la respuesta inmunitaria	Reconoce que las vacunas se basan en inyectar microorganismos productores de enfermedades muertos o atenuados mientras que los sueros consisten en inyectar un preparado

	asociándola con la síntesis de vacunas y sueros.	artificial de anticuerpos de otro individuo.
Crit.BI.5.7. Investigar la relación existente entre las disfunciones del sistema inmune y algunas patologías frecuentes.	Est.BI.5.7.1. Resume las principales alteraciones y disfunciones del sistema inmunitario, analizando las diferencias entre alergias e inmunodeficiencias. Est.BI.5.7.2. Clasifica y cita ejemplos de las enfermedades autoinmunes más frecuentes, así como sus efectos sobre la salud.	Es capaz de definir la autoinmunidad como una reacción del sistema inmune a sus propios componentes y la hipersensibilidad como una respuesta inadecuada y exagerada a sustancias inocuas. Conoce, al menos, una enfermedad autoinmune.
Crit.BI.5.8. Argumentar y valorar los avances de la Inmunología en la mejora de la salud de las personas	Est.BI.5.8.2. Describe los problemas asociados al trasplante de órganos identificando las células que actúan. Clasifica los tipos de trasplantes, relacionando los avances en este ámbito con el impacto futuro en la donación de órganos.	Reconoce que el mecanismo de rechazo de los trasplantes es debido a que el donante reconoce como extrañas las células del órgano del receptor debido al MHC-II y los linfocitos T son los primeros en actuar destruyendo a las células.

Tabla I: Criterios de evaluación, estándares de aprendizaje evaluables e indicadores de logro mínimo relativos a la Inmunología (Departamento de Educación Cultura y Deporte del Gobierno de Aragón, 2016).

d. Metodología utilizada

Como se ha descrito en el marco teórico y se define como objetivo general del presente TFM, el método tecnológico de FC en un entorno virtual es la base de la metodología que conforma la propuesta de intervención, atendiendo a los objetivos didácticos planteados, a los recursos disponibles y al grupo de alumnos.

Concretamente, para implementar el modelo tecnológico del FC y organizar una modalidad de clase invertida, cabe destacar que se ha llevado a cabo simultáneamente con el procedimiento de evaluación, pues no solo se evalúa el producto final sino también todo el proceso de aprendizaje, tal y como esquematizado en la Tabla II:

1.	Elaboración y adaptación de los materiales y recursos para el alumnado.
2.	Compartición de los materiales mediante la plataforma online y trabajo autónomo del estudiante.
3.	Presentación de la tarea a realizar: Prueba de autoevaluación de los conocimientos aprendidos.
4.	Evaluación de los resultados y del progreso del alumno.
5.	Videoconferencia para la revisión y explicación de los conceptos clave que se han trabajado, respondiendo a dudas y preguntas que hayan podido surgir.

6.	Presentación de la tarea a realizar: Resolución de una hoja de actividades.
7.	Evaluación de los resultados y del progreso del alumno.
8.	Videoconferencia para la revisión y explicación de los conceptos clave que se han trabajado, respondiendo a dudas y preguntas que hayan podido surgir.

Tabla II: Metodología de la propuesta didáctica

1. Elaboración y adaptación de los materiales y recursos para el alumnado.

Dada la incertidumbre que ha caracterizado el periodo de enseñanza online, no se ha podido establecer un *planning* exacto con la forma de organización y temporalización de la unidad didáctica, indicando a los alumnos el número de sesiones que se iban a dedicar a la unidad, el contenido de dichas sesiones, los objetivos y una modalidad de evaluación concreta.

En su lugar, se llevó a cabo una videoconferencia con el tutor de la especialidad previa a la impartición de la unidad didáctica para conocer la metodología de trabajo con los alumnos y el tiempo en el que se ajustaba la enseñanza. Hasta entonces, la forma del trabajo del profesor era subir a Classroom un resumen de las unidades didácticas asociado a una batería de preguntas que han sido objeto de examen para Selectividad. Los alumnos disponen de una semana para trabajar y estudiar el bloque y después el profesor organiza una videoconferencia para la resolución de dudas. Tras ello, les manda como tarea la resolución de una serie de preguntas de Selectividad con fecha de entrega y se reúnen nuevamente por videoconferencia para resolverlos de forma conjunta.

Para la elaboración del material didáctico, el tutor hizo entrega de un documento en el que se indicaban los criterios y estándares de aprendizaje evaluables del bloque referentes para la prueba de acceso a la Universidad y que previamente he indicado en forma de tabla (Tabla I). Dicho documento fue puesto a disposición de los alumnos en la plataforma *Classroom*.

El primer material a elaborar es la **unidad didáctica del S.I en formato digital** y de forma desarrollada. Los motivos que justifican su elaboración han sido, por un lado, la ausencia de clases magistrales que pudiesen proporcionar una explicación más detallada de los contenidos y acompañado uso de los recursos audiovisuales oportunos y necesarios para favorecer su aprendizaje, y, por otro lado, porque se trata de uno de los bloques más complejos de la materia de Biología, con números procesos interrelaciones que requieren de un cierto grado de abstracción. A ello se suma, la ausencia de una prueba inicial para conocer los conocimientos previos de los alumnos relacionados con la salud, las enfermedades infecciosas y el funcionamiento del S.I y que, de una forma u otra, pudiesen orientar el proceso de enseñanza.

El siguiente paso es la selección de recursos educativos necesarios para la elaboración de la unidad didáctica. Entre ellos destacan diversas plataformas web de centros educativos tales como “Biología 2º de Bachillerato Colegio Nuestra Señora de la Sabiduría” así como el portal de “Biología y Geología libro virtual recursos actividades interactivas” y el formato de libro de texto “Biología” de segundo de bachillerato de la editorial Código Bruño (Panadero Cuartero, Razquín Peralta, García Climent, & Fuente Flórez, 2016).

Una vez seleccionados los recursos necesarios y en base a los estándares de aprendizaje evaluables en la prueba de acceso a la Universidad, el objetivo que se persigue con la elaboración de la unidad didáctica es que los alumnos, dispongan de una herramienta útil que garantice el aprendizaje significativo del S.I en una situación de enseñanza o educación a distancia y que tengan así los conocimientos necesarios para superar tanto la materia de Biología como la prueba de acceso a la Universidad.

En base a ello, la unidad didáctica se ha organizado en 7 epígrafes. Del 1 al 6 se hace referencia al funcionamiento del S.I y el epígrafe 7 a las alteraciones del S.I que conllevan el desarrollo de patologías concretas, tal y como se muestra a continuación:

- 1) Concepto de Sistema Inmunitario, antígenos e infección
- 2) Defensas del organismo
 - 2.1) Defensas externas inespecíficas
 - 2.2) Defensas internas inespecíficas. Sistema inmunitario innato.
 - 2.3) Defensas internas específicas. Sistema inmunitario adaptativo.
- 3) Respuesta Inmunitaria Humoral. Los anticuerpos.
 - 3.1) Los anticuerpos. Estructura y composición. Tipos de reacción antígeno-anticuerpo
 - 3.2) La memoria inmunológica. Respuestas primaria y secundaria.
- 4) Respuesta inmunitaria celular. Los linfocitos T.
- 5) Células implicadas en la respuesta inmunitaria.
- 6) Tipos de inmunidad: Relación de la memoria inmunológica con la síntesis de vacunas
- 7) Alteraciones y disfunciones del S.I:
 - 7.1) Autoinmunidad
 - 7.2) Hipersensibilidad
 - 7.3) Inmunodeficiencias
 - 7.4) Trasplantes y rechazos

Figura I. Apéndices del material didáctico

En primer lugar, se ha explicado el concepto de S.I (1), incidiendo en su capacidad de reconocimiento de antígenos y de desencadenar la respuesta inmunitaria, que constituye una serie de procesos celulares y moleculares que neutralizan o destruyen al antígeno, siendo este último cualquier sustancia capaz de provocar la puesta en marcha de la respuesta inmunitaria e inducir la formación de anticuerpos. Hablamos de infección cuando un microorganismo patógeno entra y prolifera dentro de un organismo. Sin embargo, los seres vivos tienen unos mecanismos de defensa para protegerse de la entrada de estos organismos patógenos. Éstos pueden ser inespecíficos: no dependen de la naturaleza del microorganismo que tratan de infectar o específicos: dependen del tipo de agente infectante.

A continuación, se explica con detalle los tipos de defensas (2) externas inespecíficas (estructurales, mecánicas, bioquímicas y ecológicas), que son las primeras barreras a las que tienen que hacer frente los microbios cuando quieren invadir un organismo. Si consigue superarlas, las siguientes barreras que actúan son las defensas internas inespecíficas, que conforman el sistema inmunitario innato, proporcionando una respuesta rápida pero que carece de memoria inmunológica. Dentro del S.I innato se explican los tipos celulares (células fagocíticas, los mastocitos y las células NK) así como

los componentes moleculares (interferón, sistema del complemento y citoquinas) que lo conforman, y que actúan conjuntamente para conseguir una respuesta con una eficacia mayor. Si las barreras primeras y las secundarias son superadas, los microorganismos pueden extenderse por todo el cuerpo generalizando la infección. Ahora es cuando actúa la tercera barrera, constituida por el sistema inmune adaptativo que desencadena una respuesta específica, pues sólo actúa contra el agente patógeno identificado (por los antígenos de superficie) y lo elimina. Su acción se desencadena después de un contacto previo con el patógeno, presenta memoria inmunológica y el sistema inmunitario presenta tolerancia inmunológica, por eso puede distinguir las moléculas propias de las ajenas y no ataca a las células de los tejidos del organismo. La respuesta inmunitaria la realizan los linfocitos:

- Los linfocitos B: sintetizan anticuerpos ante la presencia de antígenos que pueden difundirse por los líquidos orgánicos y desencadenan la respuesta inmunitaria humoral.
- Los linfocitos T: son los responsables de la respuesta inmunitaria celular, pues no producen anticuerpos, sino que producen la muerte de distintas células diana. Además, regulan la actuación del sistema inmunitario.

A continuación, se recapitula los contenidos impartidos hasta el momento mostrando una síntesis de las diferencias entre las defensas inespecíficas y específicas del organismo. Se espera, por tanto, que hasta el momento los alumnos hayan comprendido el proceso de entrada de microorganismos patógenos al organismo y los tipos de respuesta que se generan frente a ellos.

Seguidamente se explica con detalle el mecanismo de acción de la respuesta inmunitaria humoral (3) acompañando el texto con imágenes con función descriptiva. Dado que los responsables de esta respuesta son los anticuerpos, seguidamente se indican su función, su tipología (IgM, IgG, IgE, IgD y IgA), así como su estructura y composición. Como los anticuerpos adquieren una estructura compleja y abstracta, su aprendizaje será mayor al verse acompañado por imágenes ilustradoras del modelo de anticuerpo. Dado, que las reacciones antígeno-anticuerpo no son contenidos susceptibles de evaluación, simplemente se han enumerado los tipos de reacciones que hay, para que los alumnos las conozcan.

Como he comentado anteriormente, la respuesta inmunitaria humoral es específica y presenta memoria inmunológica, con lo cual, es el momento de explicar a qué nos referimos con memoria inmunológica, un concepto que ha sido preguntado con mucha frecuencia en las pruebas de acceso a la Universidad. Dicha explicación se hace en asociación a una imagen gráfica, en la que se muestra la respuesta primaria y secundaria después del contacto con el patógeno. Al producirse un primer contacto con el antígeno, algunos de los linfocitos que quedan en nuestra sangre se transforman en células de memoria, de forma que, cuando el organismo entre en contacto por segunda vez con el antígeno, el organismo ya lo reconoce y la respuesta que se genera es más rápida, intensa, se producen IgG y de mayor duración que la primaria, haciendo que el organismo genere inmunidad frente a un microorganismo, que podrá durar unos meses o ser de por vida.

El siguiente epígrafe hace referencia a la respuesta inmunitaria celular (4) en la que intervienen los linfocitos T, un proceso más complejo que he tratado de simplificarlo para facilitar su comprensión, haciendo uso en todo momento de imágenes y mostrando una

secuencia en el proceso. Finalmente se muestra una imagen en la que se compara cómo se relacionan ambas respuestas y un resumen de los componentes del sistema inmunitario, del tipo de inmunidad al que pertenecen y la función que desencadenan, tratando así de sintetizar todo hasta el momento.

Para finalizar con la primera parte que hace referencia al funcionamiento del S.I, resulta necesario explicar cómo se pueden generar la inmunidad (6) frente a una infección. Dado que son conceptos con una nomenclatura similar, para evitar confusiones primero se han explicado las formas de adquirir la inmunidad de forma natural y después las formas artificiales, haciendo especial hincapié en la sueroterapia o la vacunación. Ambos conceptos aparecen muy frecuentemente en las pruebas de acceso a la Universidad, por se ha explicado con detalle su finalidad, las ventajas, inconvenientes y sintetizando en un cuadro las diferencias entre ambos.

Por último, en el epígrafe 7 se ha explicado de forma resumida las anomalías (7) que pueden generarse cuando el S.I no funciona correctamente (autoinmunidad, hipersensibilidad, inmunodeficiencia y rechazos a trasplantes), haciendo hincapié en las diferencias entre autoinmunidad e hipersensibilidad, ya que ambos conceptos aparecen con mucha frecuencia en las pruebas de acceso a la Universidad. En cuanto a los trasplantes, se ha hecho especial hincapié en el mecanismo de rechazo y las células responsables de ello.

Al final del documento, se ha añadido una serie de enlaces a páginas web interactivas, con ejercicios de repaso, con simulaciones y con videos explicativos, todo ello con el objetivo de que los alumnos dispongan de los recursos visuales necesarios para facilitar el aprendizaje de la Inmunología y fomentar su interés y motivación por la materia. El documento completo se incluye en el Anexo I.

Con el objetivo de evaluar el aprendizaje de los alumnos y la efectividad del material proporcionado, la siguiente actividad fue la elaboración de un cuestionario de autoevaluación a través de las herramientas de *Google Forms*. Por tanto, el **procedimiento de evaluación** fue la realización de **una prueba de desempeño** y el **instrumento de evaluación** empleado es **la autoevaluación**. Dicho cuestionario se añadió como enlace al documento de la unidad didáctica y se planteó como una tarea voluntaria.

2. Compartición de los materiales y recursos mediante la plataforma online y trabajo autónomo del estudiante.

Una vez ha sido elaborado el material, el siguiente paso es ponerlo a la disposición de los alumnos en la **plataforma del centro Classroom**, permitiendo así la interacción entre el alumno y el profesor.

En cuanto a la temporalización y el espacio, los alumnos disponen de una semana para estudiar la unidad de forma autónoma en su casa y de realizar el cuestionario de autoevaluación.

3. Presentación de la tarea a realizar: Prueba de autoevaluación de los conocimientos aprendidos.

Dado que *Google Forms* una herramienta disponible dentro de la plataforma *Classroom*, ésta ha sido elegido para elaboración, por parte del docente de cuestionarios de autoevaluación que se ajusten a las necesidades de los alumnos. Con la realización de este cuestionario se pretende, por un lado, conocer el grado de adquisición del conocimiento de los alumnos, las dificultades encontradas, así como la efectividad del material didáctico proporcionado, y por otro lado, que los alumnos valoren las posibilidades que ofrecen las herramientas de Google, entre ellas, la realización de forma sencilla y gratuita de pruebas objetivas de autoevaluación que proporcionan, tanto a los alumnos como a los profesores, un *feedback* inmediato de los resultados de su aprendizaje que van a ser útiles para orientar la propuesta didáctica.

El cuestionario de autoevaluación contiene 20 preguntas que a groso modo no presentan una gran dificultad, con respuestas de opción múltiple y de V/F y que englobaban todos los estándares de aprendizaje evaluables del bloque de contenidos del S.I. Cada pregunta tiene la puntuación de 1 punto y la respuesta es obligatoria en todas ellas.

En relación a los **mecanismos de autodefensa de los seres vivos y los tipos de respuesta inmunitaria (Est.BI.5.1.1)**, los alumnos tienen que ser capaces de reconocer los componentes celulares y moleculares que conforman la inmunidad innata y que por tanto, dos de las opciones que se le plantean son verdaderas y, en otra pregunta que, alumnos conozcan las características del sistema inmune adaptativo al identificar que todas las opciones propuestas son correctas (especificidad, se produce después de un contacto previo, y presenta memoria y tolerancia inmunológica). En otra pregunta relacionada a los mecanismos de autodefensa, tienen que saber que la respuesta inmune inespecífica no depende del tipo de agente infectante, sino que actúa frente a todos los patógenos. Además, en relación a la respuesta humoral tienen que reconocer que es una inmunidad mediada por anticuerpos, su mecanismo de acción a la hora de generar tanto células plasmáticas como células de memoria y la colaboración de los linfocitos T y macrófagos en la amplificación de la respuesta.

Acerca de las **características y los métodos de acción de las distintas células (Est.BI.5.2.1)**, se plantean una serie de preguntas que tienen como objetivo que los asocien los linfocitos T con la inmunidad a la que pertenecen (celular) y el mecanismo de acción (destrucción de las células diana). En esta línea, tienen que saber que el sistema del complemento forma parte de la respuesta inmune inespecífica y que las células plasmáticas son linfocitos B activados al encontrarse con un antígeno, de forma que pueden producir anticuerpos y su origen no es en la médula osea sino en la sangre.

Dado que tienen que saber **comparar las diferentes características de la respuesta inmune primaria y secundaria (Est.BI.5.3.1)**, se plantea una pregunta en la que se espera que los alumnos sean capaces de identificar sus diferencias, reconociendo que, tras una infección primaria, los anticuerpos que aparecen en sangre son IgM, mientras que las IgG aparecen tras un segundo contacto con el antígeno y que ambas opciones simultáneas no son posibles.

En relación a los **términos antígeno y anticuerpo (Est.BI.5.4.1)**, se busca aclarar posibles confusiones con la terminología de epítipo, determinante antigénico o paratopo y que reconozcan que los antígenos se unen al anticuerpo sólo por una porción denominada determinante antigénico, así como que los alumnos identifiquen en otra pregunta acerca de los anticuerpos, las cinco clases de inmunoglobulinas, su estructura y las células productoras.

Dada la **importancia de la memoria inmunológica** en la síntesis de vacunas y sueros (**Est.BI.5.6.1**), una de las preguntas plantea una definición del término de memoria inmunológica con el objetivo de que los alumnos interioricen mejor el concepto y lo sepan aplicar. En cuanto a los tipos de inmunidad, es muy importante que no confundan la terminología de inmunidad artificial/natural y activa/pasiva. Por eso se plantean cuatro preguntas: una en relación a la inmunidad artificial activa para que la asocien con la vacunación, otra para que reconozcan el término de vacunación, otra con varias definiciones de inmunidad natural y artificial y otra para identificar la respuesta incorrecta acerca de la sueroterapia.

En cuanto a las anomalías del S.I, se busca que los alumnos **diferencien los conceptos de alergia e inmunodeficiencia (Est.BI.5.7.1)**, al asociar la definición propuesta con la enfermedad de la inmunodeficiencia. En otra pregunta se plantea una definición correcta del término autoinmunidad con el objetivo de que lo interioricen mejor y en otra pregunta una definición incorrecta de la alergia, trabajando con ello también la competencia lingüística. Otra pregunta tiene como objetivo **identificar a la esclerosis múltiple como un ejemplo de enfermedad autoinmune (Est.BI.5.7.2.)**.

Por último, en cuanto a los **trasplantes y mecanismos de rechazo (Est.BI.5.8.2)**, los alumnos tienen que asociar la posibilidad de rechazo con un menor parentesco entre el donante y el receptor.

El cuestionario con todas las preguntas, respuestas de los alumnos, así como el porcentaje de acierto en cada pregunta con gráficos correspondientes se recogen en el Anexo II.

4. Evaluación de los resultados y del progreso del alumno.

Una vez los alumnos han realizado el cuestionario, reciben un **feedback automático** con el resultado obtenido indicando en su caso las preguntas que han respondido de forma correcta e incorrecta, indicando en este último caso cual es la respuesta correcta.

El siguiente paso, es el análisis y la evaluación, por parte del docente de los resultados obtenidos y del grado de aprendizaje de los alumnos. En cuanto al grado de participación y considerando que era una tarea voluntaria, 23 de 28 alumnos realizaron el cuestionario, obteniendo una normal de 16.65 sobre 20 puntos. De forma general, los estudiantes han entendido el S.I, puesto que la mayoría de las preguntas fueron respondidas de forma correcta por el 80-100% de los alumnos, pero hay ciertas preguntas en la que algunos alumnos han tenido ciertas dificultades y/o confusiones.

En la pregunta relativa a los linfocitos T, el 13% identificaron solo la destrucción de las células diana como respuesta correcta; el 34.8% identificaron sólo su pertenencia

a la inmunidad celular como respuesta correcta y sólo la mitad de los alumnos (52.2%) identificaron ambas respuestas como correctas. En cuanto a los antígenos, sólo el 65% identificaron que el antígeno se une al anticuerpo mediante el determinante antígeno. El 30% marcaron como opción correcta que el antígeno se une completamente al anticuerpo través del epítipo, sin embargo, a pesar de que epítipo y determinante antigénico son conceptos sinónimos, la clave es en identificar que no se une completamente. Sólo un 4.3% escogieron la opción incorrecta de que los antígenos son siempre de tipo proteico.

En la respuesta primaria a un antígeno, si bien un 78.3% asoció la respuesta primaria con la generación de anticuerpos de tipo IgM, un 4% asoció la respuesta primaria con las IgG, y un 17% escogieron las dos opciones como verdaderas. Con lo cual, hay cierta confusión con los tipos de anticuerpos/inmunoglobulinas que se forman en función del momento en el que se produce la infección.

En relación a la respuesta humoral, un 8.7% sólo asoció los anticuerpos con la respuesta humoral, un 13% sólo identificó el mecanismo de acción de la respuesta humoral, un 4% asoció la respuesta humoral con la participación de los linfocitos T y macrófagos, sin embargo, sólo un 73.9% identificaron correctamente que todas las afirmaciones eran verdaderas. Con ello se deduce que hay cierta dificultad a la hora de establecer una conexión entre las distintas respuestas inmunitarias.

En cuanto a la definición del término de alergia, éste fue escrito de forma incorrecta para ver el grado de comprensión lectora de los alumnos. Un 30% de los alumnos o no leyeron el enunciado completo o no comprendieron que la alergia es una reacción exacerbada y no insuficiente ante la presencia de antígenos.

Con este análisis se concluye que hay ciertos términos, procesos y conceptos en Inmunología que los alumnos aún no han entendido correctamente y que necesitan de una explicación. Una de las posibles causas de estos resultados es la ausencia de una explicación de los contenidos, la necesidad de una mayor profundización en el estudio del material que se les ha proporcionado junto a los recursos webs adicionales incluidos en el documento, o que hayan hecho la autoevaluación sin mucho detenimiento.

5. Videoconferencia para la revisión y explicación de los conceptos clave que se han trabajado, respondiendo a dudas y preguntas que hayan podido surgir.

El siguiente paso es la organización de una videoconferencia con el objetivo de resolver las dudas que se hayan podido generar hasta el momento y explicar aquellas dificultades encontradas en el cuestionario y que hacen referencia a procesos y mecanismos de acción del S.I. Para lograr que el aprendizaje de la Inmunología sea significativo, tal y como he referenciado en la bibliografía, se hace necesario el uso de recursos visuales como es el caso de **presentaciones de Power Point (P.P)** que acompañen a la explicación de los contenidos.

En primer lugar, el cuestionario fue resuelto de forma conjunta con todos alumnos en base a las preguntas y las dudas que iban surgiendo, en especial de aquellas cuestiones más conceptuales. De esta forma, los alumnos recibieron un *feedback* conjunto de sus resultados. En segundo lugar y a petición de los alumnos, expliqué con ayuda del P.P los

procesos y mecanismos de acción del S.I. Para que la exposición de los contenidos resultase innovadora y consiguiese fomentar el interés y la motivación de los alumnos, explique el funcionamiento del S.I como si tuviese que combatir una infección causada por un virus, en este caso, el COVID-19.

En cuanto al contenido y a su estructuración, la presentación se basa fundamentalmente en contenidos muy visuales que incorporan o se acompañan de un pequeño texto descriptivo. En la primera diapositiva se incluye un índice, aspecto fundamental para contextualizar a los alumnos y resumir brevemente los contenidos que se van a explicar. Seguidamente se explica qué es el S.I y el patógeno al que va a tener que hacer frente: el COVID-19. La siguiente diapositiva incluye un mapa conceptual de los mecanismos de defensa del S.I terminando con los dos tipos de respuesta inmunitaria: celular y humoral y las células responsables de ello. A continuación, se dedica una diapositiva a la explicación detallada de la respuesta humoral con una imagen descriptiva indicando paso a paso todo el proceso. Dado que la interacción antígeno-anticuerpo ha causado dificultad ésta se ha ejemplificado con una imagen ilustradora de modelos. Seguidamente la explicación se detiene en un gráfico, para explicar y aclarar las dudas acerca de la respuesta inmunitaria primaria y secundaria. Los tipos de anticuerpos que se detectan en cada fase son la clave para entender el funcionamiento de los test serológicos de detección rápida del COVID-19, de forma que, dada la necesidad por conocer la información que nos presentan los medios de comunicación y que los alumnos tengan una opinión crítica al respecto, dediqué una diapositiva a su explicación. Para finalizar, se explica con detalle la respuesta inmunitaria celular y su interconexión con la respuesta humoral. A continuación, se incluyen algunos ejemplos:

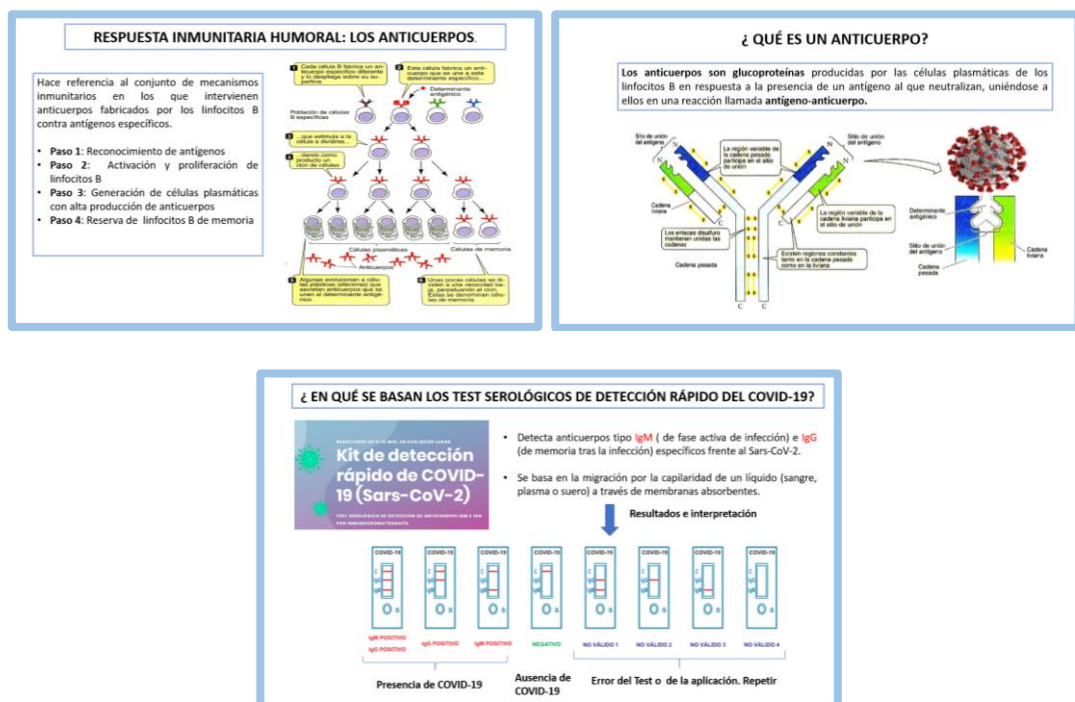


Figura II: Ejemplo de diapositivas de la Presentación de P.P

Durante la explicación de los contenidos trate de desarrollar bien las ideas y de no explicarlo con profundizad, sino limitándome a lo que los alumnos tienen que saber de cara a la prueba de acceso a la Universidad. Conforme iba explicando, preguntaba a los alumnos si lo habían entendido y si era así, procedía con la explicación y si no, atendía

las dudas en concreto, haciéndoles así partícipes en su aprendizaje y que la clase no se limitase a una transmisión-recepción de contenidos.

Como aspecto adicional y con objeto de tratar la educación de la salud como tema transversal, dediqué 10 minutos al final de la presentación a comentar las vacunas que actualmente se están desarrollando frente al COVID-19 y lancé dos preguntas al aire acerca de la adquisición de la inmunidad del virus.

En cuanto a la participación del alumnado, no todos los estudiantes mostraron el mismo interés durante la videoconferencia: algunos de ellos encendían la cámara, pero la mayoría no lo hacían, lo cual me era imposible saber si estaban atendiendo a las explicaciones o no. Aun así, algunos alumnos fueron especialmente participativos y preguntaron sus dudas, demostrando su interés por entender bien todos los procesos. Una de las ventajas de hacer *feedback* a través de una videoconferencia es que, durante el chat se generan y se resuelven dudas de forma grupal que facilitan el aprendizaje de todos los alumnos, invirtiendo menos tiempo que si el *feedback* fuese individual. Es de destacar el aumento de interés y de curiosidad de los alumnos cuando se mencionaba algo del coronavirus, preguntando dudas e intercambiando ideas entre ellos. Sin embargo, en las preguntas que se plantearon al final, quizá por ser algo complicado o nuevo de lo que no se sabe con certeza, los alumnos se mantuvieron más en silencio y el profesor tuvo que intervenir para preguntarles de forma aleatoria lo que pensaban.

Dada la importancia de incorporar **videos explicativos** como recursos TICs en la enseñanza de ciencias, elaboré un vídeo en el que me grababa explicando el S.I con ayuda del P.P., algo que desde mi punto de vista puede resultar innovador y a la vez de gran utilidad en este periodo de enseñanza online, dada la imposibilidad de llevar a cabo una explicación presencial de los contenidos. Tanto la grabación como el PPT fueron entregado a los alumnos a través de Classroom. El documento se incluye en el Anexo III.

6. Presentación de la tarea final a realizar: Resolución de una hoja de actividades

Al finalizar la videoconferencia, y con el objetivo de evaluar el aprendizaje de los alumnos, se les comunica que tienen como tarea **le resolución de 12 preguntas recogidas de las pruebas de acceso a la Universidad de los últimos 5 años** y que disponen de una semana para entregar las actividades a través del correo electrónico.

El **procedimiento de evaluación** empleado es la **revisión de las tareas del alumno** y el **instrumento de evaluación** es el **análisis de las producciones del alumno**. Dicha evaluación va a ser formativa al proporcionar un *feedback* a los alumnos: ellos mandan las tareas hechas, se detectarán los errores más comunes y se realizará una videoconferencia para corregir todas las preguntas de forma grupal aclarándoles así sus dudas e indicándoles lo que sería una respuesta correcta, con el objetivo de que aprendan de sus errores y logren un aprendizaje significativo. Para facilitarles la tarea, preparé y colgué en Classroom un documento que adjunto en el Anexo IV sólo con definiciones que habían sido preguntadas en los últimos años.

La razón por la cual se ha decidido plantear esta tarea es para que a los alumnos pusiesen en práctica sus conocimientos acerca de la Inmunología y dado que es un curso

centrado en la prueba de acceso a la Universidad, resulta más lógico que las preguntas fuesen enfocadas a esta prueba para que así tuviesen una idea del tipo de preguntas que más aparecen y las distintas formas en las que se pregunta un mismo contenido. Para ello, se ha elaborado un documento con preguntas que abarcan todos los estándares de aprendizaje evaluables y entre ellas, las que han aparecido con más frecuencia en los últimos años.

La selección de preguntas comprende todos los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables del bloque de contenidos en el currículo. Aproximadamente la mitad de las preguntas hacen referencia al funcionamiento del S.I, incorporando diversos gráficos para que reconozcan las diferencias entre respuesta primaria y secundaria, identifiquen la estructura de un anticuerpo por medio de una imagen ilustradora de modelos, o tengan como objetivo definir procesos o términos concretos (receptores de antígeno, linfocitos B, respuesta humoral y celular...) o relacionen la memoria inmunológica con la vacunación y sueroterapia. La otra mitad abarca las anomalías del S.I (inmunodeficiencias, trasplantes y rechazos...) donde se introduce el papel de los virus y las mutaciones, haciendo referencia a bloques de contenidos previamente impartidos. Con el planteamiento de estas preguntas se busca que los alumnos sean capaces de reflexionar a partir de sus conocimientos, de establecer sus propias conclusiones y de relacionar sus conocimientos con situaciones de la vida cotidiana o con las aplicaciones que la Inmunología tiene en situaciones de la vida cotidiana (problemas de rechazos en trasplantes, limitaciones de la vacunación y de la sueroterapia en relación a enfermedades contagiosas como la gripe...).

7. Evaluación de los resultados y del progreso del alumno.

Todos los alumnos entregaron la batería de ejercicios y para realizar el análisis de los resultados, se han establecido unos indicadores de logro mínimo recogidos en la Tabla I y se ha tomado como referencia una tercera parte de la clase.

La metodología usada para analizar los datos ha sido establecer correcciones sobre cada una de sus producciones señalando aquellos errores más significativos que se han encontrado. Esto ha servido tanto para priorizar el orden de corrección de las preguntas de forma grupal por videoconferencia como para poder proporcionarles un *feedback* de los errores más frecuentes que se han encontrado y de cómo esa pregunta debería de ser respondida. El documento con las preguntas y las correcciones se incluye en el Anexo V.

De forma general, los alumnos han sabido responder correctamente todas las preguntas, identificando así las diferencias entre vacunación y sueroterapia, respuesta inmune primaria/secundaria, humoral/celular, así como relacionar cambios en la composición de los virus con la ineffectividad de vacunas y determinar la función de los componentes de S.I. Sin embargo, un aspecto a recalcar son las diferencias encontradas entre los estudiantes en cuanto a la forma de redacción, del uso del lenguaje y de la terminología científica, lo que guarda una estrecha relación con su nivel de madurez, comprensión y razonamiento. Los alumnos que han tenido dificultades de expresión y redacción a menudo han dejado sin responder aquellas preguntas más complejas que buscaban su reflexión o interpretación.

A continuación, se muestran algunos errores tratando de definir el concepto de linfocitos B recurriendo a la misma nomenclatura “los linfocitos B son un tipo de linfocitos que sintetizan anticuerpos ante la presencia de antígenos” o tratando de definir memoria inmunológica como “es un sistema de memoria inmunológica la cual almacena información acerca del antígeno patógeno específico...” de la misma forma que en la definición de receptor antigénico: “receptor especial elaborado y diseñado para unirse a ciertas proteínas...”. En este último caso, otro alumno no ha asociado la presencia constitutiva de estos receptores en la superficie de los linfocitos: “moléculas situadas en la membrana plasmática a las que se une un anticuerpo específico”.

En cuanto a los tipos de respuesta primaria y secundaria, un error puntual han sido asociar la memoria inmunológica con las IgM, ya que la idea es que las células de memoria son un tipo de linfocitos que continúan dividiéndose y “preparándose” para una nueva infección, pero no formando IgM. En relación a las vacunas y sueros, el enunciado de una de las preguntas que incluye la frase “a consecuencia de la vacuna Antonio desarrolló la enfermedad con todos sus síntomas”, causó confusión y diferentes interpretaciones en algunos de los alumnos. Algunas de las respuestas fueron que “el sistema inmune no supo reaccionar a los antígenos de la vacuna” mientras que otros alumnos mostraron una interpretación más coherente y cohesionada y es que “a pesar de introducir microorganismos atenuados, si el S.I de Antonio estaba debilitado pudieron causar la enfermedad”.

8. Videoconferencia para la revisión y explicación de los conceptos clave que se han trabajado, respondiendo a dudas y preguntas que hayan podido surgir.

Una vez llevado a cabo el análisis, la siguiente reunión con los alumnos tiene como finalidad **resolver de forma grupal la tarea y proporcionar a los alumnos un *feedback*** de los resultados.

La metodología empleada ha sido ir nombrado de forma aleatoria a alumnos, como si en una clase presencial estuviésemos para que interviniesen y respondiesen a las preguntas, priorizando aquellas que han causado más dificultad o confusión. En algunos casos, los alumnos se han prestado voluntarios a resolverlas. Si la preguntaba se respondía correctamente, se avanzaba con la siguiente, si no, el docente intervenía para reformularla, aclarar dudas o plantear una situación similar, hasta que los conceptos estaban claros.

Es de destacar que la participación de los estudiantes en esta videoconferencia ha sido menor en comparación con la anterior, lo puede ser debido a que estábamos fuera del periodo de evaluación, la tarea había sido entregada los días anteriores o porque no todos los alumnos se estaban preparando la prueba de acceso a la Universidad.

La realización de las videoconferencias ha permitido evaluar al alumno a través del planteamiento de preguntas por parte del docente y que tienen como objetivo obtener información sobre conceptos, procedimientos, habilidades cognitivas, así como estimular el razonamiento y su expresión oral. El tipo de pregunta que se le plantea refleja el nivel de procesamiento de la información que se espera del alumno.

V. EVALUACIÓN FINAL

- Evaluación del proceso y del producto final

Por un lado, tal y como he indicado en la metodología de la propuesta didáctica, la evaluación del proceso es de **carácter formativo** y se realiza de forma simultánea a la ejecución de las actividades o tareas implicadas en la propuesta de intervención. El planteamiento de cada una de las tareas conlleva una justificación, unos objetivos claros, unas competencias a trabajar y un procedimiento de evaluación a través de unos instrumentos de evaluación concretos de los estándares de aprendizaje evaluables, estableciéndose la consecución de cada una de las actividades si alcanzan los indicadores de logro mínimo previamente descritos.

Por otro lado, la evaluación del producto final se ha obtenido mediante la valoración del conjunto de los instrumentos descritos: **prueba de autoevaluación, análisis de las producciones de los alumnos y la pregunta**. Dicha evaluación final ha sido de **carácter cualitativo**, de forma que todos los instrumentos de evaluación aplicados han servido para recoger información sobre los alumnos respecto a sus actitudes, necesidades, dificultades, demandas de los docentes y estudiantes, así como grado de participación, interés y motivación. Ha sido un proceso permanente, reflexivo y apoyado en las evidencias de los diversos tipos de instrumentos de evaluación que ha permitido valorar el progreso de los estudiantes y optimizar los procesos de aprendizaje. A través de la evaluación cualitativa también se han identificado las fortalezas y las debilidades de los alumnos en el desempeño de las tareas con el objetivo de orientar el proceso de enseñanza, adecuarlo al ritmo de aprendizaje de los alumnos y conseguir que, finalmente se obtenga un aprendizaje significativo de la Inmunología. En base a toda la información recibida y analizada cualitativamente a través de los diferentes instrumentos de evaluación podría decir que los alumnos de forma general han entendido y han aprendido el tema de Inmunidad correctamente y que tienen las nociones básicas para superar la materia de Biología y la prueba de acceso a la Universidad.

- Evaluación de la enseñanza no presencial y de la práctica docente

Posteriormente a la implantación de la propuesta y como última parte de la evaluación, se ha enviado un cuestionario de *Google Forms* a través de la plataforma de *Google Classroom* a los alumnos tanto de 2º de Bachillerato como de 4º de la ESO, conociendo así con los dos cursos del Colegio Salesianos que han recibido a alumnos de prácticas. El cuestionario contiene una parte inicial en la que los alumnos deben de indicar el curso al que pertenecen seguido de una serie de preguntas que tienen como objetivo conocer las opiniones, inquietudes e intereses de los estudiantes acerca del periodo de enseñanza *online*, dándoles la posibilidad de que indicasen el motivo por el cual no estaban conformes o de acuerdo con la pregunta formulada. Al final se plantean una serie de cuestiones acerca de la enseñanza en la materia de Biología y en concreto, de la práctica docente. Dicho cuestionario con las respuestas de los alumnos se encuentra en el Anexo VI.

En cuanto al análisis de los resultados, el 38% de las respuestas recibidas se corresponden con alumnos de 2º de Bachillerato mientras que el 62% de ellos con los de 4º ESO. Las diferencias en cuanto al grado de participación pueden ser debidas a que,

cuando se hizo entrega del cuestionario los alumnos de 2º de Bachillerato habían finalizado el curso, y con ello su acceso a la plataforma del centro se haya visto reducido.

En cuanto a la valoración de la enseñanza *online*, la mayoría de los alumnos (76.2%) está de acuerdo en que la ausencia de clases presenciales va a retrasar la dinámica de las clases en los siguientes cursos. Una gran mayoría de los alumnos afirma también no haber tenido dificultades de adaptación a esta metodología de enseñanza *online* (76.2%). Los alumnos que han respondido que sí aludían a un exceso de carga de trabajo, falta de tiempo o de explicaciones para comprender materias más complicadas. El 100% de los alumnos afirman disponer de los recursos necesarios como ordenador o tablet para realizar trabajos y clases telemáticas. Entre ellos, la gran mayoría dispone de un ordenador personal con total disponibilidad (85.7%), frente al 14% que lo comparten con sus familiares.

En cuanto a su nivel de satisfacción con la enseñanza y el seguimiento recibidos en este periodo, el 85.7 % de los alumnos están conformes con ello y los estudiantes que han respondido lo contrario lo atribuyen a una descompensación con el seguimiento recibido o sensación de falta de aprendizaje y avance de los contenidos de la materia. Con el objetivo de conocer su opinión acerca de la metodología de evaluación seguida durante este periodo, se ha establecido una escala de rango de conformidades y sólo el 57% está totalmente de acuerdo en que sirva únicamente para subir nota, a lo que un 28% muestra indiferencia a la forma de evaluación llevada a cabo, mientras que un 28.6% está en total desacuerdo con ello.

Haciendo referencia a la enseñanza en concreto de la materia de Biología en 2º de Bachillerato o Biología y Geología en 4º de la ESO, un 66% de los alumnos consideran que ha sido ajustada a la situación, un 19% escasa y un 14% excesiva. Estableciendo una escala de rangos, un mayor número de estudiantes consideran que la carga de trabajos en esta materia ha sido ajustada a la situación (85.7%), frente al 14% que la consideran escasa. Ninguno de los alumnos ha considerado la opción excesiva. Para finalizar y de cara a evaluar la práctica docente, se han planteado dos preguntas a los estudiantes. La primera de ellas tiene como objetivo evaluar la efectividad del material proporcionado a lo que el 47% de los alumnos afirma que ha sido útil y un 38% bastante útil. Sólo el 14% lo valora como normal. De cara a conocer el carácter innovador de las propuestas aplicadas, el 62% consideran que ha sido una propuesta innovadora frente al 38% que considera lo contrario.

Los resultados obtenidos en la evaluación final van a permitir extraer conclusiones en relación a la evaluación de la propuesta didáctica, a establecer propuestas de mejora y a consolidar una serie de conclusiones en relación con el presente TFM.

VI. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA Y PROPUESTA DE MEJORA

Desde el punto de vista de los alumnos, la propuesta didáctica ha resultado instructiva, pues el material proporcionado le has permitido aprender la Inmunología de una forma distinta a lo que hubiese sido en una clase magistral. Dada la situación actual de enseñanza no presencial, el uso de recursos TICs han sido la base sobre la cual se

sustenta el modelo tecnológico de *Flipped Classroom* de la misma forma que se ha adaptado a la modalidad de trabajo del centro durante la no presencialidad.

La primera actividad planteada tenía como objetivo evaluar el grado de aprendizaje de los alumnos, una vez disponían del material necesario y previa a la explicación de los contenidos, a través de un cuestionario de autoevaluación. Con esta metodología de trabajo se ha fomentado la competencia de aprender a aprender, haciendo que los alumnos sean los protagonistas de su aprendizaje, trabajen de forma autónoma y puedan autorregular su aprendizaje, siendo aspectos fundamentales en alumnos preuniversitarios y con cierto grado de madurez. El uso de cuestionarios de *Google Forms* ha sido especialmente útil por parte del docente, pues ha permitido identificar aquellos conceptos o procesos de Inmunología que presentan especial dificultad en los alumnos al y que en su mayor medida coinciden con las concepciones erróneas descritas en la bibliografía, de la misma forma que ha permitido enfocar las explicaciones en las videoconferencias. En cuanto a los alumnos, gracias a la realización de esta actividad han recibido un *feedback* al obtener de una forma rápida, automática e individual los resultados de su aprendizaje y corregirlos de forma grupal en la videoconferencia.

En segundo lugar, ha resultado de vital importancia el planteamiento de videoconferencias para tener un contacto más cercano con los estudiantes, explicar aquellos contenidos más complejos de Inmunología, resolver de forma conjunta las actividades en las que el docente tiene el papel de mediador y el estudiante adquiere el rol del protagonista de su aprendizaje. También ha sido útil para hacer un seguimiento de los alumnos, conocer sus necesidades, comprometerles con la realización de actividades para evitar en todo momento que se sientan desvinculados en esta modalidad de enseñanza no presencial y que no pierdan su interés por la materia. Además, la realización de videoconferencias ha servido como procedimiento de evaluación de los alumnos por medio de la observación, analizando que estudiantes participaban más, preguntaban dudas o estaban interesados en la materia. Para el docente ha resultado especialmente útil, pues el uso de *feedback* grupal permite ahorrar tiempo al mismo tiempo que los alumnos aprenden conjuntamente al plantearse y resolver en común las dudas o dificultades.

En cuanto a la hoja de actividades final, se buscó que, una vez impartidos los contenidos, aplicasen su conocimiento a la resolución de ejercicios que forman parte de las pruebas de acceso a la Universidad y que engloban todos los estándares de aprendizaje evaluables. Al trabajar de forma autónoma, y siguiendo la metodología de aula invertida, los estudiantes son los responsables de su aprendizaje, poniendo en práctica sus competencias no solo científicas, sino también sociales, de cara a adquirir un pensamiento crítico y una actitud responsable ante determinadas situaciones de la vida cotidiana.

Especialmente, el uso de recursos visuales como el Power Point, enlaces a diversas páginas webs con simulaciones o explicaciones, así como la grabación de una clase magistral mientras se explicaban los contenidos se han diseñado con el objetivo de que los alumnos, a pesar de la situación no presencial, tuviesen los recursos necesarios que garantizaran un aprendizaje significativo de la unidad didáctica en un entorno virtual. Los resultados han sido positivos, pues los estudiantes han ido progresando durante el periodo de enseñanza, siendo capaces de proporcionar argumentos sólidos y reflexionados acerca de las cuestiones que se planteaban como actividad final. Sin embargo, algunas propuestas de mejora serían plantear modalidades de enseñanza más innovadoras que fomentasen el uso de recursos audiovisuales como el anime “¡Cells at Work!”,

intercalando explicaciones teóricas con proyecciones de los distintos episodios del anime que ejemplifique las interacciones y los procesos que tienen lugar en el S.I. (Torres-Gómez, Reche y Lafuente, 2018). Haciendo uso softwares educativos como "*Virtual Immunology*", se podría ofrecer una simulación animada de procesos complejos del S.I que se han presentado durante la enseñanza como escenarios estáticos (Faria et al., 2013). Una alternativa a la falta de experimentación, siendo éste un aspecto fundamental en asignaturas de base científica sería diseñar una actividad en un laboratorio virtual, permitiendo así simular una situación de aprendizaje propia del laboratorio tradicional (López y Morcillo, 2013). Otra propuesta de mejora de cara a fomentar la motivación y el interés en la realización de las tareas, sería plantear cuestionarios de autoevaluación de Inmunología basados en juegos más interactivos una manera divertida, estimulando así el autoaprendizaje y la autoevaluación (Blanco, 2007).

De cara a suplir las carencias en la metodología de evaluación del aprendizaje de los alumnos, como propuesta de mejora, por un lado, plantearía una evaluación inicial de diagnóstico para detectar las ideas alternativas, los conocimientos previos de los alumnos y poder así orientar la propuesta didáctica. Dicha evaluación hubiese sido la base de cara a preparar el material didáctico, profundizando inicialmente en aquellos conceptos o procesos que presentan más dificultad para los alumnos. Por otro lado, y de acuerdo a las inconformidades que exponen los alumnos en cuanto a la modalidad de evaluación final llevada a cabo durante la docencia, plantearía una combinación entre la evaluación cualitativa y cuantitativa para futuras propuesta. Durante la docencia, los instrumentos de evaluación aplicados a la evaluación de las actividades planteadas en la unidad didáctica han tenido un carácter cualitativo en cuanto a determinar el grado de aprendizaje de los alumnos, interés, realización de las tareas, participación, pero en ningún momento han sido un reflejo del esfuerzo e implicación de los alumnos cuando realizan las tareas.

Evaluando la propuesta didáctica desde la no presencialidad, ésta ha sido la principal limitación a la que he tenido que hacer frente en cuanto a su diseño, implantación y actividades propuestas. Presentar una unidad didáctica como la Inmunología, sin poder estar presentes y sin proponer actividades de experimentación o de trabajo en grupo ha resultado complicado. Como propuesta de mejora en una situación de enseñanza presencial plantearía, por un lado, una actividad que tuviese como objetivo que los alumnos indagasen acerca de las anomalías del S.I, fomentando el trabajo cooperativo y el aprendizaje por proyectos. Habría hecho que los alumnos se distribuyeran por grupos y cada grupo se centrara en la investigación de una enfermedad, siendo expertos en esa patología concreta para luego exponerla al resto de sus compañeros y conseguir tener entre todos una puesta en común enriquecedora en la que todos aprendíamos de los trabajos del resto de alumnos, incluyendo una coevaluación como forma de evaluación. En esta línea, y con el objetivo lograr un aprendizaje significativo de los conceptos de Inmunología a través de recursos TIC, otra posible actividad sería dividir a los estudiantes en grupos, cada uno de los cuales, eligen un tópico de la unidad (Inmunidad humoral, inmunodeficiencias, fagocitosis...), a partir del cual redactan unos bocetos técnicos, construyen historias para explicar el tópico y lo representan forma de collage y finalmente, exponen a sus compañeros el resultado. De esta forma se consigue involucrar a los estudiantes en el aprendizaje activo a través de creación de historias y collage, se fomenta el trabajo cooperativo y se consiguen perfeccionar las habilidades en comunicación oral (Desai, 2018). Centrándonos en la modalidad de enseñanza de contenidos, el uso de otros recursos TICs como modelos, por ejemplo, maquetas o estructuras 2D, durante la enseñanza de Inmunología hubiesen sido útiles para

ejemplificar la estructura de un anticuerpo y cómo interacciona con el antígeno y poder superar así, las concepciones erróneas que todavía están presentes en los alumnos (Gómez y Monzón, 2012).

VII. CONCLUSIONES

En cuanto a mi tarea como docente, he de destacar muy positivamente los resultados que he obtenido y el aprendizaje que he adquirido durante este periodo. La propuesta didáctica ha tenido una base innovadora, pues el bloque de Inmunidad ha sido tratado de una forma muy diferente a la modalidad que el profesor había llevado a cabo en otros bloques del temario durante la cuarentena y por supuesto, diferente e innovador respecto a la situación previa. Gracias a la metodología del FC que ha permitido el desarrollo de la propuesta didáctica, los alumnos han sido los protagonistas de su aprendizaje, se ha fomentado el trabajo autónomo, el uso de recursos TICs al mismo tiempo que se buscaba incrementar el interés y la motivación de los estudiantes por la Inmunología. Además de proporcionar a los alumnos los recursos necesarios, he intentado potenciar el “saber hacer” y “saber ser”, fomentando así la autonomía y el espíritu crítico en ellos, pues ellos disponían de un tiempo concreto para realizar las tareas, buscar información y los recursos necesarios para lograr un aprendizaje significativo de la materia. En cuanto al tipo de alumnado al que se contextualizaba la propuesta, el curso de 2º de Bachillerato ha sido un grupo formal, con interés y motivación para continuar con sus estudios posteriores. Todo ello me ha influido positivamente y me ha motivado para trabajar con estos alumnos, haciendo que el trabajo realizado fuese ameno y entretenido. He de destacar también que la colaboración y la participación de los alumnos han sido buenas y han realizado las tareas que les eran asignadas.

Considero que en la práctica docente de esta asignatura es muy importante incorporar mejoras, ser innovador y estar al día de todo lo que sucede en el campo de la investigación. Es por ello y además teniendo en cuenta la situación en la que nos encontramos, que era oportuno hacer mención al COVID-19 para que los alumnos puedan adquirir más información del tema, se den cuenta de la gravedad del asunto y que cuando a través de los medios de comunicación se les informe del virus, que entiendan de lo que se habla y puedan emitir juicios y valoraciones al respecto.

En cuanto a la relación del prácticum con el máster, he tratado en todo momento aplicar el conocimiento aprendido adaptándome a estas circunstancias. Esto se refleja, por un lado, en cómo he adaptado el diseño de la propuesta didáctica y las actividades planteadas en el Bloque de Inmunología así como la grabación de la clase impartida, reflejándose así mi capacidad de adaptación a situaciones adversas. No solo ello, sino también la fundamentación teórica de la propuesta, su diseño, la selección de la metodología adecuada, la evaluación del alumnado así como el planteamiento de las actividades, han tenido como base las nociones adquiridas en las distintas materias del Máster.

En cuanto a la forma de interactuar con los alumnos, considero que un punto importante es motivarles en todo momento y tener un cierto seguimiento para conocer su evolución, así como las dificultades encontradas. Uno de los aspectos que he trabajado en este sentido ha sido la realización de videoconferencias semanales a través de las cuales

he proporcionado una evaluación formativa a los alumnos, mediante una constante retroalimentación o *feedback* y con la finalidad de que los alumnos nunca pierdan el interés por la materia ni se sientan desanclados de su aprendizaje.

A modo de conclusión final, todo el periodo de prácticas durante estas circunstancias ha sido una experiencia bajo mi punto de vista totalmente innovadora, que la debemos de considerar positiva y de la que tenemos que aprender de cara a un futuro no muy lejano. Sin duda estamos atravesando una situación difícil que nos va a repercutir en nuestro futuro, pero que de una forma u otra ha sacado a la luz nuestro potencial como futuros docentes, ha puesto en prueba nuestra capacidad de adaptación y organización, así como nuestras habilidades en la tecnología y en la comunicación, algo que de ahora en adelante tendremos muy presente y valoraremos aún más en la docencia.

Sin embargo y a pesar de la situación actual mis objetivos eran por un lado, que los alumnos aprendiesen las nociones básicas de la Inmunidad y tuviesen en cuenta este bloque para prepararlo en la prueba de acceso a la Universidad y que, por otro lado, valorasen y aprendiesen de esta situación en la que nos encontramos, no solo de la importancia del S.I en esta lucha contra el COVID-19, sino de la modalidad de enseñanza no presencial, tratando de fomentar el uso de las TICs y su importancia en la enseñanza y así como tratando de generar una actitud crítica en el alumnado que les permita aplicar su conocimiento a situaciones de la vida cotidiana.

A modo de conclusión final, mediante el logro de los objetivos, se considera que ha cumplido con el propósito general de este TFM: fomentar la enseñanza de Inmunología desde la perspectiva constructivista mediante el diseño e implementación de la propuesta de intervención didáctica basada en el modelo tecnológico de *Flipped Classroom*.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrien, E., Ubieta Muñuzuri, E., & Ugarriza Ocerín, J. (1996). *La evaluación inicial en las aulas de aprendizaje de tareas: Documentos de apoyo*. Gobierno Vasco.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognitivo*. México: Ed. Trillas.
- Azeglio Montañez, L.M. & Mayoral Nouvelière Lililiana, S.C. (2015). Concepciones alternativas de genética básica y división celular en estudiantes de secundaria. *Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Naturales y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata*.
- Basso-Aránguiz, M., Bravo-Molina, M., Castro-Riquelme, A., & Moraga-Contreras, C. (2018). Propuesta de modelo tecnológico para Flipped Classroom (T-FliC) en educación superior. *Revista Electrónica Educare*, 22(2), 20-36.
- Bergmann, J. & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. United States of America: International Society for Technology in Education. Recuperado de <https://www.liceopalmieri.gov.it/wp-content/uploads/2016/11/Flip-Your-Classroom.pdf>
- Bishop, G. A. (2015). "Yes, we need PhD immunologists!". *Trends Immunol* 36(5), 280–282.
- Bishop, J. & Verleger, M. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. *In 120th ASEE National Conference & Exposition*. Atlanta: American Society for Engineering Education. Recuperado de <https://www.asee.org/public/conferences/20/papers/6219/view>
- Blanco Gutiérrez, M.M., Catuli, M.T., Doménech, A., Domínguez, G., Gibello, A., Gómez-Lucía, E. (2009). Inmunotrivial: un juego de autoevaluación para el aprendizaje de la inmunología. *In V Jornada Campus Virtual UCM: buenas prácticas e indicios de calidad*. Universidad Complutense, Madrid, pp. 75-80. ISBN 978-847491-968-4.
- Bugallo Rodríguez, A. (1995). La didáctica de la genética: Revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 379-385.
- Caballero Armenta, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 227–244.
- Calatayud, A. (2008). *La autoevaluación como estrategia de aprendizaje para atender a la diversidad*. Recuperado de <https://www.educaweb.com/noticia/2008/01/28/autoevaluacion-como-estrategia-aprendizaje-atender-diversidad-2752/>

Campanario, J.M. & Otero, J.C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(2), 155-169.

Canabal, C. & Margalef, L. (2017). La retroalimentación: la clave para una evaluación orientada al aprendizaje. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 21 (2), pp. 149-170.

Carrascosa Alís, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 183-208.

Coutinho, A., Kazatchkine, M.D., & Avrameas, S. (1995). Natural autoantibodies. *Current Opinion in Immunology*, 7(6), 812-818.

Culman Mendoza, D.G., Huependo Romero, Y.L., Amórthegui Cerdeño, E.F., Echeverry Hernández, Sonia (2015). Concepciones sobre el sistema inmunológico que poseen los estudiantes de octavo grado en la institución educativa INEM “Julián Motta Salas” en la ciudad de Neiva-Huila. *Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*. Editorial: Universidad Pedagógica Nacional. Recuperado de: <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.0num.0bio-grafia1692.1700>

Díaz, F. & Hernández, G. (2002). Capítulo segundo: Constructivismo y Aprendizaje significativo. Editores MacGraw-Hill. *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. Madrid. Ediciones MacGraw-Hill (2ªed).

Desai, S. V. (2018). Digital Collage-As a Pedagogical Tool for Effective Learning of Immunological Concepts. *Journal of Engineering Education Transformations*, 32(1), 44-48.

Encabo de Lucas, J. A. (2010). Cuerpo de profesores de Enseñanza Secundaria: Biología y Geología. Programación didáctica de 2º de la E.S.O. *Ciencias de la Naturaleza*. Madrid: Ed. Cep.

Fernández, E., Bernardo, A., Suárez, N., Cerezo, R., Núñez, J. y Rosário, P. (2013). Predicción del uso de estrategias de autorregulación en educación superior. *Anales de psicología*, 29(3), 865- 875. doi: <https://doi.org/10.6018/analesps.29.3.139341>

Furió-Mas, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y Tendencias, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, 7-17.

Garzón, H., & Quiroga, J. (2018). Diseño e implementación de una propuesta didáctica por medio de la utilización de herramientas virtuales para el aprendizaje de inmunología en enfermedad periodontal. *Acta Odontol. Colomb*, 8(2), 59-71

Guzmán Lastra, M., Gómez Galindo, A., & Monzón Godoy, M. (2012). Propuesta de una secuencia didáctica para el estudio del sistema inmune humano en alumnos de 4º E.M. *Ponencia presentada en el I Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales*.

Hernández, R. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y perspectivas. *Propósitos y representaciones*, 5(1), pp. 325-347

Hernández, R. & Salinas B. (2008). Capítulo 12. La evaluación didáctica como componente del diseño/desarrollo curricular. *Didáctica general: la práctica de la enseñanza en educación infantil, primaria y secundaria* (pp. 235-254). España: McGraw Hill.

López, M. Á. (2013). *Aprendizajes, competencias y TIC*. México: Pearson.

Lozano, R. (2011). De las TIC a las TAC: tecnologías del aprendizaje y del conocimiento. *Anuario ThinkEPI*, 5(1), 45-47.

Mazumdar, P.M. (2002). *Species and specificity. An interpretation of the history of Immunology*. New York: Cambridge University Press.

McDonald, K. M. & Smith, C. M. (2013). The flipped classroom for professional development: Part I. Benefits and strategies. *The Journal of Continuing Education in Nursing*, 44(10), 437-438. doi: <https://doi.org/10.3928/00220124-20130925-19>

Merla González, A. E., & Yáñez Encizo, C. G. (2016). El aula invertida como estrategia para la mejora del rendimiento académico. *Revista mexicana de bachillerato a distancia*, 8(16), 68-78.

Ñeco, M. (2005). El rol del maestro en un esquema pedagógico constructivista. *Ponencia presentada en el VI Encuentro Internacional y I Nacional de Educación y Pensamiento*. México.

Orden ECD/494/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. *Boletín Oficial de Aragón*, 3 de junio de 2016, núm. 106, pp. 13462 a 14390.

Orrego Cardozo, M. & López Rúa A.N. (2013). Evolución de los modelos explicativos sobre el concepto de fagocitosis en estudiantes universitarios. *Enseñanza de las ciencias*, 2622-2626.

Palomino, M. & Rangel, J. (2015). Metodología para el Desarrollo de Materiales Educativos Audiovisuales Basados en Estilos de Aprendizaje. *Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 12 (2), 79-95

Panadero Cuartero, J. E., Razquín Peralta, B., García Climent, A., & Fuente Flórez, M. (2016). *Biología Bachillerato 2*. Madrid: Código Bruño.

Pozo, J.I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*, 7, 18-26.

Prieto, A.; Díaz, D.; Lara, I.; Montserrat, J.; Oliva, R. & Barbarroja, J. (2017). Aspectos críticos para aplicar con éxito el modelo flipped classroom a la enseñanza de la inmunología: resultados de 5 años de experiencias en la Universidad de Alcalá. *Teaching & Learning Innovation Journal = Revista de Innovación en la Enseñanza y el Aprendizaje*, 1(0), 19-23. Doi: [https://doi.org/10.18002/tele\(in\)2j.v1i0.5148](https://doi.org/10.18002/tele(in)2j.v1i0.5148)

Samper, M.D., García-García, D., Ferri, J.M., Carbonell-Verdu, A., Lopez-Martinez, J. (2017). Implementación de la plataforma GOOGLE CLASSROOM en la asignatura "Tratamiento de Residuos" para la realización de experiencia de clase inversa. In *Congreso Nacional de Innovación Educativa y de Docencia en Red*. Universitat Politècnica de Valencia, Valencia.

Sánchez, S.G. (2008). Los modelos pedagógicos utilizados en la enseñanza de las ciencias. Adaptado de Sánchez, S.G. (2008). Los contenidos de química en el bachillerato (Tesis de Maestría). Toluca, México: UAEM, pp.57-61.

Santiago, R. (2017). Experiencias y recursos para "dar la vuelta" a la clase. Pamplona: *The Flipped Classroom*. Recuperado de <https://www.theflippedclassroom.es/>

Siedentop, D. (1998). *Aprender a enseñar la Educación Física*. INDE Publicaciones. Barcelona, España p. 27.

Spreafico, R., Mitchell, S. and Hoffmann, A. (2015). "Training the 21st century immunologist". *Trends Immunol* 36(5), 283–285.

Suárez-Ramos, J. (2017). Importance of the Use of Teaching Resources in Teaching and Learning Biological Science for Visual Stimulation of Students. *Revista Electrónica Educare*, 21(2), 1-18. <https://doi.org/10.15359/ree.21-2.22>

Torres-Gomez, A., Reche, P. A., & Lafuente Duarte, E. (2018). "Cells at Work!" como herramienta de aprendizaje para la fijación de conceptos de Inmunología Básica. V *Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC*. Las Palmas de Gran Canaria.

Tourón, J. & Santiago, R. (2015). Flipped learning model and the development of talent at school. *Revista de Educación*, 368, 33-65. doi: [10.4438/1988-592X-RE-2015-368-288](https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2015-368-288)

Tucker, B. (2012). The flipped classroom. *Education Next*, 12(1), 82-83. Recuperado de [http:// educationnext.org/the-flipped-classroom/](http://educationnext.org/the-flipped-classroom/)

Vaz, N. M. (2004). Immunology: elementary concepts and misconceptions. En R.Mondaini (Ed.), *Proceedings of the Third Brazilian Symposium of Mathematical and Computational Biology* (pp.412-431). Río de Janeiro, Brazil. Editorial: E-papers Servicios Editoriales Ltda.

Zainuddin, Z. & Halili, S. H. (2016). Flipped classroom research and trends from different fields of study. *International Review of research in Open and Distributed Learning*, 17(3), 313-340. doi: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v17i3.2274>

IX. ANEXOS

Anexo I: Bloque V desarrollado con enlace a páginas web de referencia y consulta: <https://drive.google.com/file/d/1hXN7ZdpF1C1Anyp9YAjc4yJ7gVKt8tlq/view>

Anexo II: Enlace al cuestionario de autoevaluación: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfFZ9-99Kq_Bj9bnKQK7fXZvyRjNg5VmgcVLvPAtJE8_QRM6A/viewform y a las respuestas de los alumnos completas: <https://drive.google.com/file/d/1hOrffZJ4eIkauXynEBu09P8r4y2foyLd/view>

Anexo III: Enlace al Power Point con el video explicativo: <https://drive.google.com/file/d/1IJGGFrH0h-g9SNO410vAP7lMqtgaoPBI/view>

Anexo IV: Enlace al documento con todos los conceptos: <https://drive.google.com/file/d/1JkNPlz2JdlnT4PAmb3RPRSIXhjKmpBaX/view>

Anexo V: Enlace al documento completo de preguntas y al análisis de las producciones de los alumnos: https://drive.google.com/file/d/1TZ0fy_vKTtU3iUAn9QHU3m8CgsApCAb_/view

Anexo VI: Enlace al cuestionario de evaluación de la docencia: https://docs.google.com/forms/d/1afL-HcgscD-OYzbYdFiu5iRlOH8eN_CXSgzxkTT8V9M/edit#responses con las respuestas completas de los alumnos : https://docs.google.com/spreadsheets/d/1isbo0ILUVK854KjZtQIZ8DTg_mTxflAIyZETyPlj4yM/edit#gid=62048871